

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a zařízení

**Sada sedlových kufrů k cestovnímu motocyklu**

**Set of Panniers for Touring Motorcycle**

Student:

Klimek Ondřej

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Zdeněk Noga, CSc.

Ostrava 2016

## Zadání bakalářské práce

Student: **Ondřej Klimek**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2302R010 Konstrukce strojů a zařízení  
Specializace: 21 Konstrukce výrobních strojů a zařízení  
Téma: **Sada sedlových kufrů k cestovnímu motocyklu**  
**Set of Panniers for Touring Motorcycle**

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Navrhnete sadu sedlových kufrů k cestovnímu motocyklu. Při návrhu vycházejte z provedené patentové rešerše v rámci zpracování State of Art.

Proveďte :

1. Technickou zprávu s popisem funkce navrženého zařízení a nezbytnými výpočty ve členění – upřesnění zadání, seznam požadavků, funkční struktura, morfologická matice, orgánová a hrubá stavební struktura.
2. 3D model konstrukčního návrhu zařízení.
3. Výrobní výkresovou dokumentaci zařízení.

Rozsah výtahu z rešerše z Bakalářského projektu v textové části práce cca 5str., rozsah výkresové části min. 1A0

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.

ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.

HUBKA, V. *Konstrukční nauka*. Zürich: Heurista, 1995, 105s. ISBN 80-90 1135-0-8

*Zásady pro vypracování diplomové (bakalářské) práce*. FS\_SME\_05\_003 verze: G

LITERÁRNÍ REŠERŽE – zpracovaná v rámci Bakalářského projektu.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Zdeněk Noga, CSc.**

Datum zadání: 11.12.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016



---

doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář  
*vedoucí katedry*



---

doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
*děkan fakulty*



Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě .....  
12.5.2016

.....  
Hilky

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 12.5.2016

.....  
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Ondřej Klimek

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Husitská 340  
735 32 Rychvald  
Česká republika

## ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

KLIMEK, Ondřej. *Sada sedlových kufrů k cestovnímu motocyklu*. Ostrava, 2016. 48s. Bakalářská práce. VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování. Vedoucí práce: Ing. Zdeněk Noga, CSc.

Bakalářská práce se zabývá kompletním návrhem sedlových kufrů k cestovnímu motocyklu včetně rámu pro jeho uchycení. Hlavní podmínkou návrhu je snížit cenu kufru na minimální hodnotu oproti trhu. V první části práce se zaměřuji na seznámení se s trhem, nabízenými produkty, jejich zpracování a cenou. Další část bakalářské práce tvoří technická zpráva obsahující upřesnění zadání, požadavkový list, funkční strukturu, orgánovou strukturu, hrubou a úplnou stavební strukturu. V poslední části práce jsou kontrolní výpočty jednotlivých částí kufru nebo rámu pro kufr. Kufr i rám pro kufr jsem nakonec kontroloval i pomocí počítače. Provedl jsem pevnostní kontrolu součástí pomocí metody konečných prvků.

## ANNOTATION OF THESIS

KLIMEK, Ondřej. *Set of Panniers for Touring Motorcycle*. Ostrava, 2016. 48s. Bachelor thesis. VŠB - Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design. Thesis lead: Ing. Zdeněk Noga, CSc.

My Bachelor Thesis is dealing with the complete design of the panniers for a Touring Motorcycle, including the frame for Panniers attachment. The main goal of the draft is to lower the cost of the panniers in comparison with current market rate. In the first part of my thesis I focus on familiarization with the market, other products on offer, their processes and price. The following part of my thesis is formed by the technical report containing the specification of the assignment, the list of requirements, functionality and body structure, rough and complete body structure. In the last part of my thesis I concentrate on checking the calculations of individual parts of the panniers and its frame. Finally I have entered the calculations for the panniers and its frame through the PC. I inspected the strength of the parts using Finite Element Method.

## Obsah

Přehled použitých značek .....	8
1 ÚVOD.....	10
2 REŠERŠE.....	11
2.1 Jednotlivé části soustavy kufr, rám pro kufr .....	11
2.2 Materiál jednotlivých dílů soustavy .....	14
2.3 Patenty .....	17
3 KONSTRUKČNÍ NÁVRH .....	18
3.1 Upřesnění zadání.....	18
3.2 Požadavkový list .....	18
3.3 Kritéria pro hodnocení .....	20
3.4 Transformační schéma .....	20
3.5 Funkční struktura .....	21
3.6 Morfologická matice .....	22
3.7 Orgánová struktura .....	23
3.8 Hrubá stavební struktura .....	24
3.9 Úplná stavební struktura.....	25
4 Popis jednotlivých částí.....	27
4.1 Rám pro kufr, uchycení rámu pro kufr.....	27
4.2 Uchycení kufru k rámu .....	27
4.3 Konstrukční řešení kufru .....	28
4.4 Připevnění jiného vybavení.....	30
5 Výpočet .....	31
5.1 Síly působící na soustavu.....	31
5.2 Odpor prostředí .....	32
5.3 Rám pro kufr .....	33
5.4 Uchycení kufru k rámu .....	40
5.5 Kufr .....	43
5.6 Nakupované díly, cena za jeden kufr orientační učením výrobních nákladu.....	45
6 MKP pevnostní analýza .....	48
7 Závěr.....	52
8 Poděkování.....	52
9 Seznam použité literatury .....	53
10 Seznam příloh.....	54
11 Seznam výkresové dokumentace.....	54

## Přehled použitých značek

Tab. 1 Přehled použitých značek a veličin

Značka	Popis	Jednotka
$C_x$	Odporový součinitel	[-]
$F_{m1}, F_{m2}$	Přídavná tahová síla od naklopení	[N]
$F_{n1}, F_{n2}$	Normálová reakce	[N]
$F_o$	Osová síla	[N]
$F_{odp} = F''$	Odporová síla	[N]
$F^\perp$	Tíhová síla	[N]
$F_{pdno}$	Síla působící na dno kufru	[N]
$F_p^\perp$	Provozní síla	[N]
$G$	Tíhová síla	[N]
$J_{SVx}$	Kvadratický moment	[mm <sup>4</sup> ]
$M_o$	Krouticí moment	[N/m]
$P_h$	Stoupání závitu	[mm]
$Re$	Mez kluzu	[MPa]
$R_m$	Mez pevnosti	[MPa]
$S$	Průřez vystavený proudění	[m <sup>2</sup> ]
$S_1$	Plocha díry pro šroub	[mm <sup>2</sup> ]
$S_{SV}$	Nosný průřez svaru	[mm <sup>2</sup> ]
$W_k$	Průřezový modul v krutu	[mm <sup>3</sup> ]
$W_o$	Průřezový modul v ohybu	[mm <sup>3</sup> ]
$a$	Velikost svaru	[mm]
$c$	Rozteč šroubu	[mm]
$d$	Průměr trubky	[mm]
$d_1$	Velikost obdélníkové části rámu	[mm]
$d_o$	Průměr díry	[mm]
$d_2$	Střední průměr závitu	[mm]
$d_3$	Malý průměr závitu	[mm]
$d_n$	Průměr nýtu	[mm]
$d_s$	Průměr díry pro šroub	[mm]
$e_1, e_2$	Vzdálenost od okraje	[mm]
$f$	Třecí součinitel	[-]
$f_z$	Součinitel smykového tření v závitu	[-]
$g$	Gravitační zrychlení	[m/s <sup>2</sup> ]
$i$	Počet šroubů	[-]
$i_n$	Počet nýtů	[-]
$k$	Bezpečnost	[-]
$k_s$	Statická bezpečnost	[-]
$k_1, k_2$	Převodní součinitel	[-]
$k_4$	Převodní součinitel koutových svarů	[-]
$l$	Délka svaru	[mm]
$l'$	Délka svařované součásti	[mm]
$l_1$	Rameno působení síly $F_p^\perp$	[mm]
$l_p$	Délka packy	[mm]
$m_c$	Celková hmotnost	[kg]
$m_k$	Hmotnost kufru	[kg]
$m_{max}$	Maximální hmotnost nákladu	[kg]
$m_u$	Hmotnost uchycení	[kg]



$m_{sdr}$	Hmotnost rámu	[kg]
$p$	Otlačení	[MPa]
$p_D$	Dovolený tlak	[MPa]
$r_{mint}$	Minimální poloměr ohybu trubky	[mm]
$r_{minp}$	Minimální poloměr ohybu plechu	[mm]
$s$	Tloušťka plechu	[mm]
$t$	Tloušťka svaru	[mm]
$t_1, t_2$	Teplota prostředí	[°C]
$v$	Rychlost proudění	[m/s]
$v_1, v_2$	Volená maximální rychlost motocyklu	[m/s]
$\alpha$	Úhel stupání závitu	[°]
$\beta$	Součinitel tloušťky koutového svaru	[-]
$\beta_1$	Součinitel dosud zanedbaného krutu	[-]
$\pi$	Ludolfovo číslo	[-]
$\rho$	Hustota prostředí	[kg/m <sup>3</sup> ]
$\sigma_{Dt}$	Dovolené napětí v tahu	[MPa]
$\sigma_{\perp}^F$	Tahové napětí vyvolané silou $F^{\perp}$	[MPa]
$\sigma_{\perp DSV}$	Dovolené napětí svaru	[MPa]
$\sigma_{RED}$	Redukované napětí	[MPa]
$\tau_{DS}$	Dovolené napětí ve střihu	[MPa]
$\tau_s$	Napětí ve střihu	[MPa]
$\tau_{//DSV}$	Dovolené napětí ve svaru	[MPa]
$\tau_{//}^F$	Smykové napětí vyvolané silou $F^{//}$	[MPa]

## 1 ÚVOD

Hlavním cílem této práce je navrhnout kufr a rám pro jeho uchycení na motocykl. Hlavní důraz je kladen na co možná nejnížší výrobní náklady s ohledem na to, aby navrhovaný kufr a rám byl plně funkční. Kufr by měl být odolný proti vodě, oděru, korozi, měl by vydržet extrémní podmínky typu odlétající kameny, bahno, písek. Kufr bude navržen tak, aby byl uzamykatelný, mohly se na něj upevnit různé přídavné předměty typu spacáku, kanystru atd. Hlavní důraz bude kladek na bezpečnost při jízdě. Kufr by neměl poškodit rám motocyklu, neměl by překážet řidiči při jízdě. V případě havárie musí kufr být navržen tak, aby při nárazu odpadl a neohrozil posádku motocyklu.

## 2 REŠERŠE

### 2.1 Jednotlivé části soustavy kufr, rám pro kufr

#### 1. Kufry

Na trhu se nachází velké množství různých kufrů. Kufry jsou děleny podle rozměrů, tvarů, použitého materiálu, možnosti připojení přídatných zařízení, jako jsou například držáky na vodu, držáky kanystrů.

- Kufr Givi OBK 48AR TREKKER – Monokey (48l) [1]

- Rozměry 495x387x306 mm
- Nosnost 10 kg
- Objem 48 l
- Cena – 8250 Kč



Obr. 1 Kufr Givi OBK

- Sedlová brašna Dallas s pásem [1]

- Rozměry 300x390x150 mm
- Materiál – přírodní hovězí kůže
- Cena – 10 376 Kč



Obr. 2 Sedlová brašna

- Trax Adventure 45 [2]
  - Rozměry 490x280x370
  - Materiál – hliníkový plech
  - Objem 45 l
  - Cena – 8920 Kč



Obr. 3 Kufr Trax Adventure 45

- Trax Adventure 38 [2]
  - Rozměry 410x340x330 mm
  - Materiál – hliníkový plech
  - Objem – 38 l
  - Cena – 8666 Kč



Obr. 4 Kufr Trax Adventure 38

## 2. Rámy pro uchycení kufru k motocyklu

Rámy pro kufry jsou konstruovány tak, aby měly nízkou hmotnost, relativně jednoduchý tvar a vydržely namáhání, které na ně působí.

Na trhu můžeme najít různé druhy a tvary rámu. Nejběžněji se používá trubkový rám.

- Quick-lock [2]
  - Cena – 5608 Kč



Obr. 5 Detail rámu pro kufr Quick-lock

- Trubkový nosič Givi Easi Fit PLR 639 [1]
  - Cena – 4950 Kč



Obr. 6 Detail trubkového nosiče Givi

## 3. Adaptéry

- Adaptér na nosiče [3]
  - Cena – 2850 Kč



Obr. 7 Detail adaptéru na nosiče

- Adaptér na nosiče GIVI [3]
  - Cena – 1780 Kč



Obr. 8 Detail adaptéru GIVI

#### 4. Uchycení kufru k rámu

Existuje hodně možností jak uchytit kufr k rámu. Nejpoužívanější uchycení kufru k rámu jsem vypsál níže. K jednotlivým uchycením jsem přidal i cenu pro pozdější kalkulaci.

- Pomocí puků
  - Cena za sadu pro jeden kufr 400 Kč [5]



Obr. 9 Detail uchycení pomocí tzv. „puků“

## 2.2 Materiál jednotlivých dílů soustavy

### a. Kufřík a rám pro kufr:

- Hliník [7] [10] [11]
  - Al 99,5 (ČSN 42 4005)
    - Vlastnosti
      - $R_m = 60 - 145 \text{ MPa}$
      - Svařitelnost – velmi dobrá
      - Obrobitelnost – špatná

- AlMg3 (ČSN 42 4413)
  - Vlastnosti
  - $R_m = 170 - 270 \text{ MPa}$
  - Svařitelnost – velmi dobrá
  - Obrobitelnost – dobrá
- AlMg4,5Mn0,7 (EN AW 5083)
  - Vlastnosti
    - $R_{m_{\min}} = 275 \text{ MPa}$
    - Svařitelnost – velmi dobrá
    - Obrobitelnost – velmi dobrá
- AlCu6BiPb (EN AW – 2011)
  - Vlastnosti
    - $R_{m_{\min}} = 295 \text{ MPa}$
    - Svařitelnost – špatná
    - Obrobitelnost – velmi dobrá

- Plast [9]

- PA 6 G
  - PA 6 G (Guss/odlitek) – pevný homogenní materiál s nízkým napětím a vysokým stupněm krystalčnosti. Ve srovnání s PA 6 má zlepšenou odolnost proti oděru a opotřebování a vyšší rozměrovou stálost.
  - Vlastnosti:
    - vyšší pevnost v tahu ve srovnání s PA 6
    - menší roztažnost při přetržení ve srovnání s PA 6
    - poněkud menší pohlcování vlhkosti ve srovnání s PA 6
    - vysoká rázová houževnatost
    - nejvyšší tepelná stálost ze všech polyamidů
  - PA 6 G lze použít pro konstrukční díly namáhané oděrem, které mají náročnější profily a u nichž je jako dodatečná vlastnost nutná rozměrová stálost.
- PA 12
  - PA 12 – typ polyamidu s minimálním pohlcováním vlhkosti a tedy i nejvyšší rozměrovou stálostí.
  - Vlastnosti:
    - nejmenší pevnost v tahu ve skupině polyamidů
    - největší protažení při přetržení ze všech polyamidů
    - vysoká rázová houževnatost
    - minimální pohlcování vlhkosti ze všech polyamidů
    - nejnižší bod tavení ze všech polyamidů

- Ocel [12]

- ČSN 11 320
  - Svařitelná uhlíková ocel, dobře tvárná, za tepla nebo za studena, vhodná k hlubokému tažení, pro povrchovou úpravu žárovým pokovováním nebo smaltováním.
  - Vlastnosti
    - $R_{m_{min}} = 300 \text{ MPa}$
    - $R_{e_{min}} = 200 \text{ MPa}$
- ČSN 11 343
  - Neušlechtilá konstrukční ocel vhodná na součásti konstrukcí strojů, tavně svařované, namáhané staticky, popřípadě mírně dynamicky. Trubky pro všeobecné účely.
  - Vlastnosti
    - $R_{m_{min}} = 320 \text{ MPa}$
    - $R_{e_{min}} = 200 \text{ MPa}$
- ČSN 11 375
  - Součásti konstrukcí a strojů středních tlouštěk tavně svařované, namáhané staticky i dynamicky. Součásti vyráběné s plechů a součásti kované pro tepelná energetická zařízení.
  - Vlastnosti
    - $R_{m_{min}} = 360 \text{ MPa}$
    - $R_{e_{min}} = 215 \text{ MPa}$
- ČSN 11 523
  - Mostní a jiné svařované konstrukce, součásti strojů, automobilů, motocyklů, jízdních kol. Součásti tepelných energetických zařízení a tlakových nádob.
  - Vlastnosti (po normalizačním žíhání)
    - $R_{m_{min}} = 510 \text{ MPa}$
    - $R_{e_{min}} = 355 \text{ MPa}$

b. Profily:

- hliníkové plechy [7]
  - tloušťka od 0,6 mm do 10 mm
  - Cena: od 90 Kč/kg do 102 Kč/kg
- Hliníkové trubky [7]
  - Průměr trubky od 6 mm po 160 mm, v tloušťkách od 1 mm po 10 mm
  - Cena (bez DPH): od 130 Kč/kg po 180 Kč/kg
- Trubky ocelové, podélně svařované, hladké (dle ČSN 42 5723) [12]
  - Průměr od 16 mm do 114 mm, v tloušťkách od 1,5 mm po 4,5 mm
  - Cena: 21 Kč/kg – 26 Kč/kg
- Plechy ocelové, tlusté, válcované za studena (dle ČSN 42 5310) [12]
  - Tloušťka od 3 mm po 12 mm
  - Cena ~ 20 Kč/kg



### **2.3 Patenty**

- Patent spojený s danou tématikou se nalézá pod číslem [4]
  - US20000502895 20000210

### 3 KONSTRUKČNÍ NÁVRH

#### 3.1 Upřesnění zadání

Rám pro kufr bude sloužit k uchycení kufru k motocyklu. Kufr bude sloužit k převozu různého vybavení (nářadí, oblečení, jídlo, atd.). U obou součástí je třeba zajistit, aby byla pevně přichycena k motocyklu, při jízdě neomezovala v pohybu a v případě havárie nepoškodila rám motorky a nezranila posádku motocyklu. Uchycení rámu k motocyklu budu řešit podle platné legislativy.

#### 3.2 Požadavkový list

Tab. 2 Seznam požadavků

Specifikace požadavků	podmínka	přání
<b>FUNKCE, ÚČINKY A FUNKČNÍ PARAMETRY:</b>		
- snadná montáž, demontáž	x	
- maximální rozměry 500 x 450 x 300 mm	x	
- možnost oprav		x
- bezpečné uchycení při jízdě	x	
- vodotěsnost (zamezit vniknutí vody do vnitřního prostoru kufru)	x	
- zabezpečení proti odcizení	x	
- otevírání pomocí pantů	x	
- hmotnost prázdného kufru max. 10kg	x	
- zamezit přenášení vibrací (rázu) z motocyklu do rámu pro kufr nebo kufru	x	
- možnost přichycení věcí na kufr (další zavazadlo, spacák, stan...)		x

<b>PROVOZ:</b>		
- Prostředí:		
- prašné, vlhké, znečištěné, změny teplot		
- Četnost použití: vysoká		
- Požadovaná životnost: minimálně 5 let	x	
- Údržba:	x	
- minimální (např.: promazání pantů, zámku, kontrola dotažení šroubu uchycení)		x
- žádná		x
<b>ERGONOMIE:</b>		
- Tvar kufru z hlediska bezpečnosti:		
- bezpečnost proti poranění (nesmí být ostré hrany, otřepy, přechody)	x	
- při případné nehodě (nesmí poškodit rám motocyklu, zranit řidiče, spolujezdce)	x	
- symetricky uchyceno k motocyklu (nesmí převažovat)	x	
- Tvar		x
<b>VZHLED:</b>		
- Povrch		x
- odolný vůči poškození	x	
- vhodný k čištění		x
- barevně zpracovaný		x
- vhodně ošetřený proti korozi	x	
<b>VÝROBA:</b>		
- Malá série		
<b>EKONOMIE:</b>		
- konkurenceschopný	x	

### 3.3 Kritéria pro hodnocení

- Tuhost soustavy rám pro kufr – kufr 20%
- Zajištění proti odcizení 15%
- Uchycení kufru k rámu 20%
- Vzhled 5%
- Bezpečnost 40%

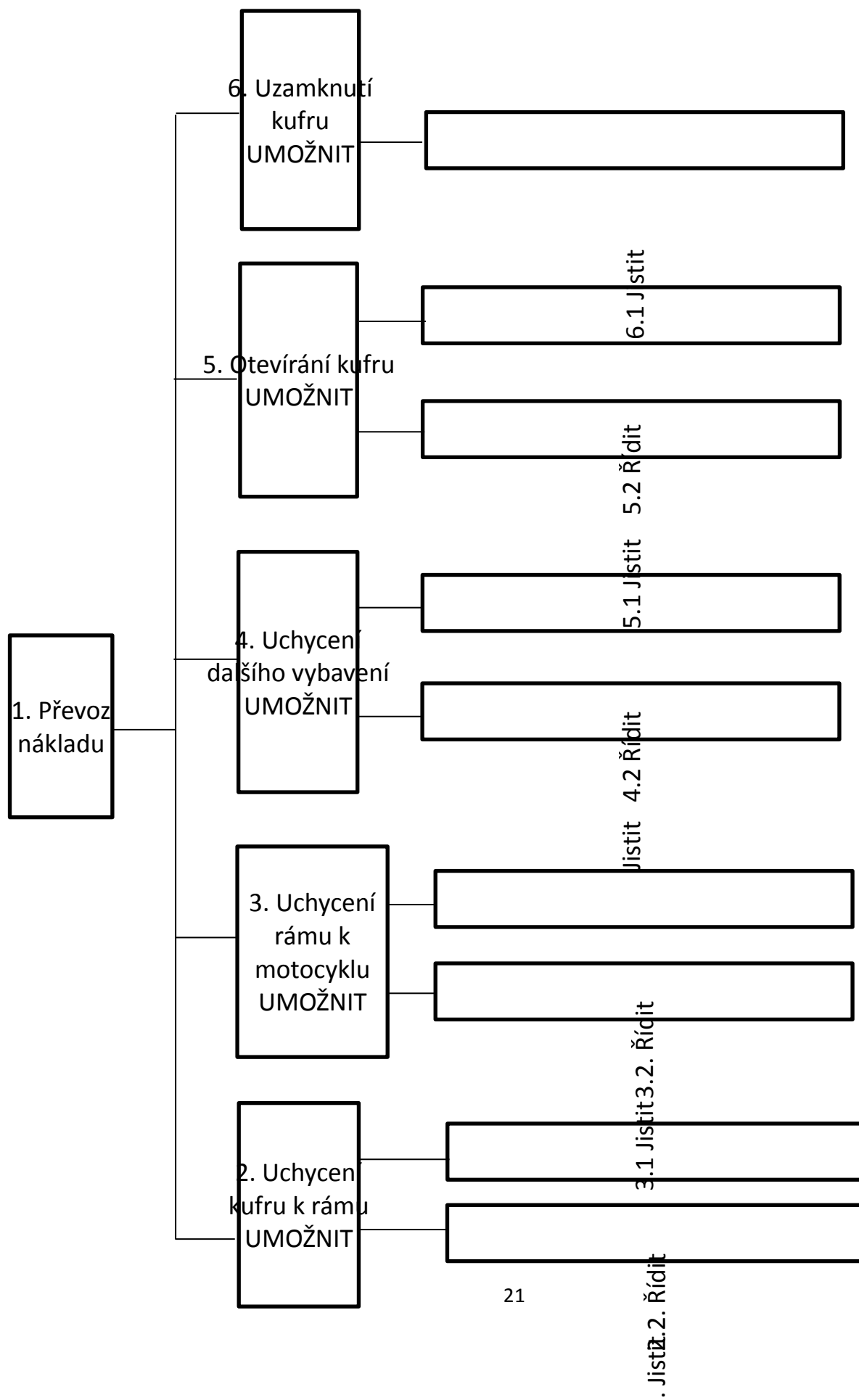
### 3.4 Transformační schéma



Obr. 10 „Black box“ transformačního schématu













### 3.5 Funkční struktura

Tab. 3 Funkční struktura





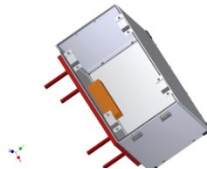



### 3.6 Morfologická matice

Tab. 4 Morfologická matice

Dílčí funkce	Funkční principy/ orgány - nositelé funkcí		
	1. varianta	2. varianta	3. varianta
3. uchycení rámu k motocyklu	Šroub 	čep	popruh
2. uchycení kufru k rámu	Šroub 	Magnet 	popruh
vodotěsnost (zabezpečení vniknutí vody do vnitřního prostoru kufru)	Tmel 	Těsnění 	víko navržené s přesahem
tlumení rázu od motocyklu	tlumící materiál 		
5. otevírání/zavírání kufru	Pant 	Píst 	
4. přichycení více věcí ke kufru	Šroub 	svar	Popruh 
6. zabezpečení proti odcizení	Zámek 	elektronicky zabezpečeno (alarm) 	

### 3.7 Orgánová struktura

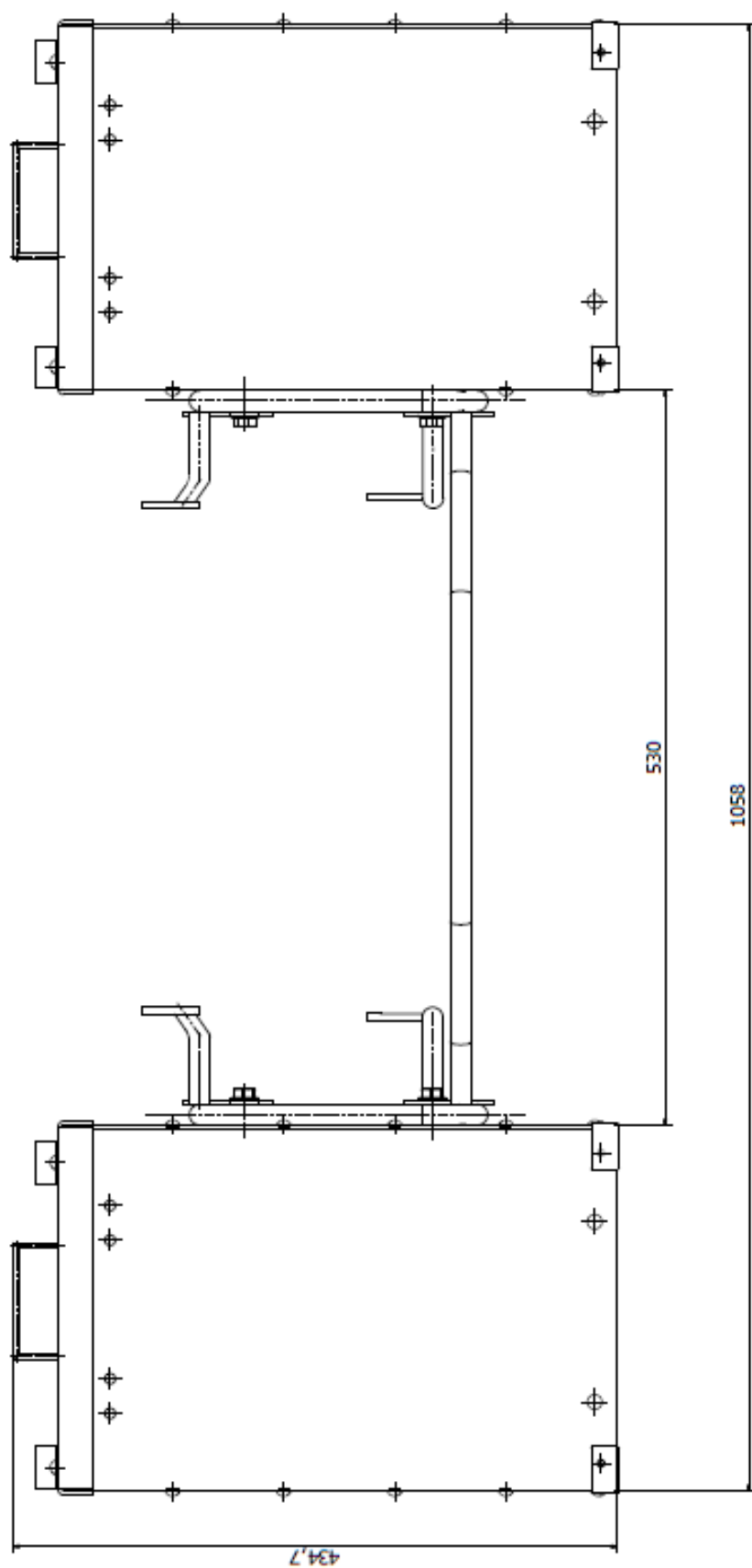
Tab. 5 Orgánová struktura

				
<b>Kritéria</b>	<b>váha [%]</b>	<b>1. Koncept</b> 	<b>2. Koncept</b> 	<b>3. Koncept</b> 
Tuhost soustavy rám pro kufr, kufr	20	1	1	3
Zajištění proti odcizení	15	2	2	1
Uchycení kufru k rámu	20	1	1	2
Vzhled	5	1	2	3
Bezpečnost	40	1	2	1
<b>Hodnocení</b>	<b>Technické nedostatky</b>		- výstupky na rámu by mohly poškodit rám motocyklu při havárii	- při použití magnetu a el. systému nutno přivést napětí (složitě)
	<b>Náklady</b>	2	3	4
<b>Průměrná známka</b>		1,33	1,83	2,33
<b>Pořadí</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>

Hodnocení bylo použito jako ve škole:

- 1 nejlepší
- 5 nejhorší

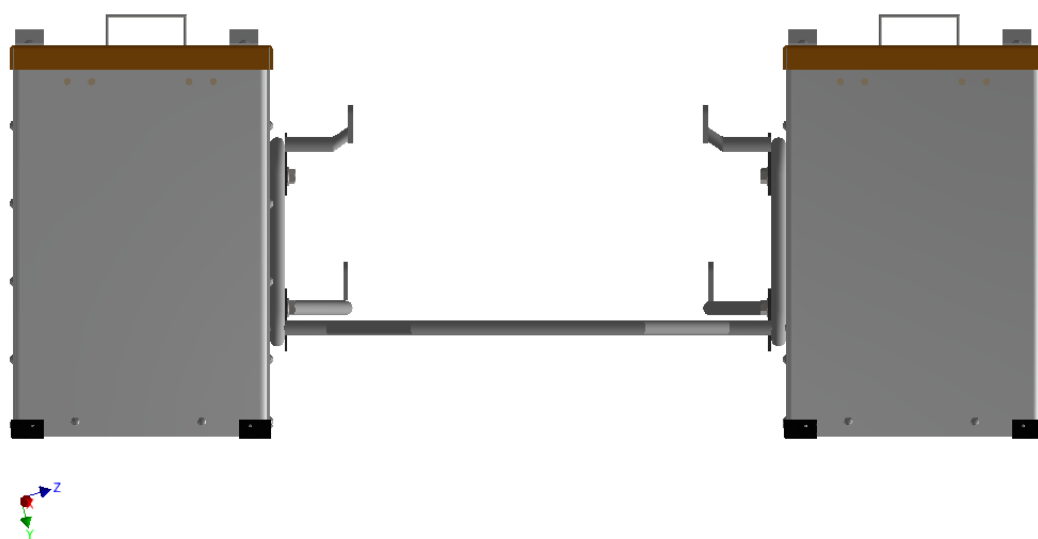
### 3.8 Hrubá stavební struktura



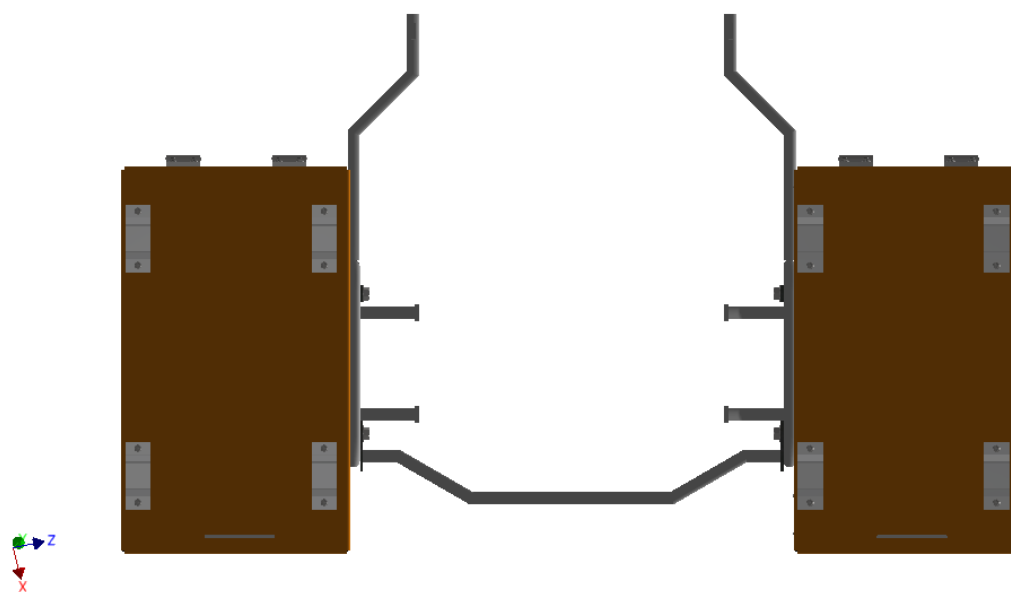
Obr. 11 Hrubá stavební struktura



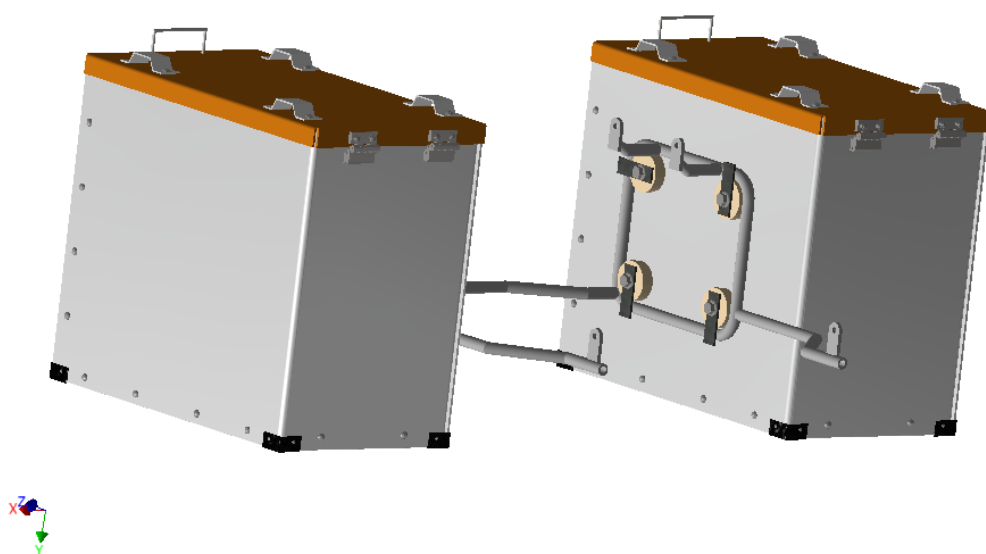
### 3.9 Úplná stavební struktura



Obr. 12 Úplná stavební struktura – Nárys



Obr. 13 Úplná stavební struktura - Půdorys



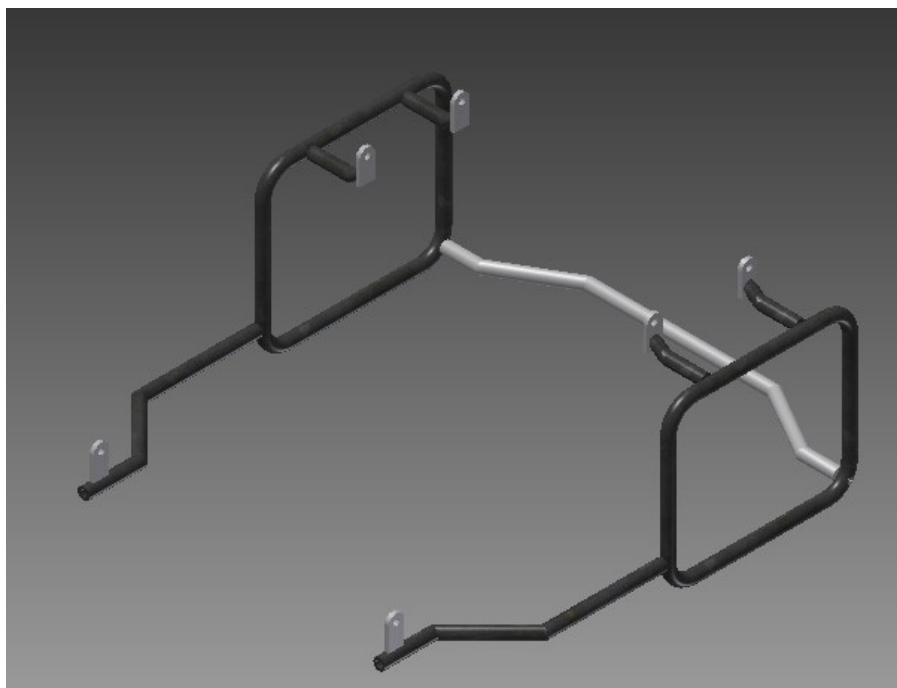
Obr. 14 Úplná stavební struktura - axonometrie

## 4 Popis jednotlivých částí [18]

### 4.1 Rám pro kufr, uchycení rámu pro kufr

Část rámu pro kufr (výkres KLI0137-002, pozice 2), bude vyroben s ocelové trubky  $\varnothing 15 \times 3$  mm, z materiálu 11 523 (S355J2 dle EN 10025-2), která bude ohýbána a svařená do požadovaného profilu.

Uchycení rámu pro kufr k motocyklu, bude realizováno pomocí šroubového spojení, lícovaným šroubem M6 ISO 7379 (výkres KLI0137-002, pozice 7).

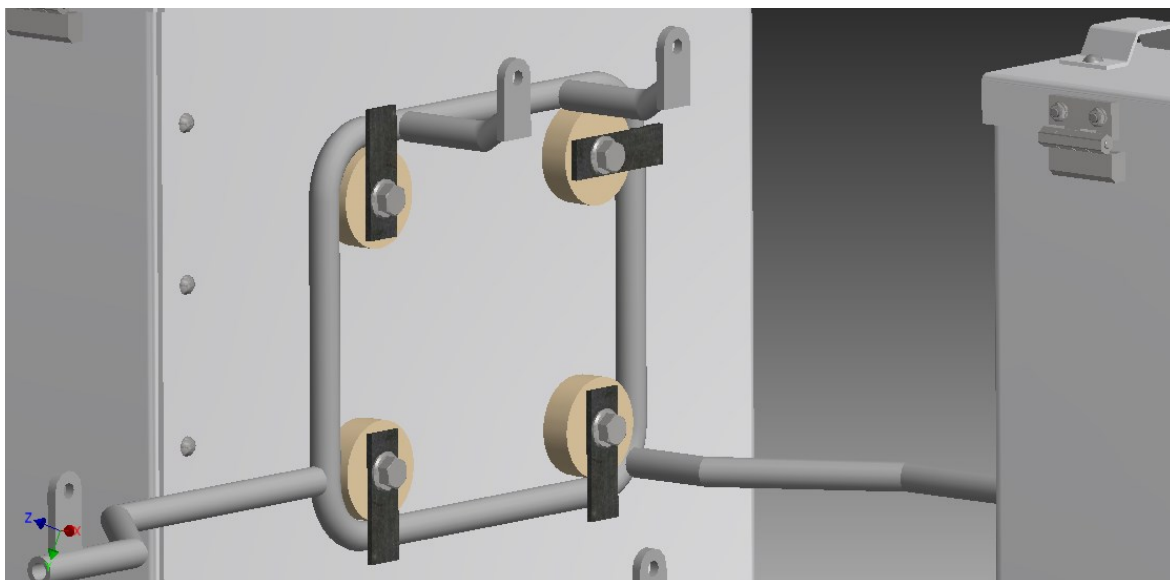


Obr. 15 Rám pro kufr

### 4.2 Uchycení kufru k rámu

Uchycení kufru k rámu bude provedeno pomocí tzv. puků (výkres KLI0137-001, pozice 3). Jedná se o šroubové spojení, které bude tvořit šroub, matice, tzv. puk, ocelové kolečko a plochá tyč. Puk je vyroben ze silonu, který má dobré tlumící vlastnosti a bude tlumit vibrace způsobené jednak jízdou ale také samotným motocyklem.

Montáž „puků“: Nejprve se celý kufr sestaví, snýtuje, svaří, poté co je kufr kompletní, tak se odvrtnají díry pro šrouby „puků“, v požadované výšce a náklonu kufru, a kufr se připevní k rámu.



Obr. 16 Ukázka uchycení kufru k rámu pro kufr pomocí „puků“

#### 4.3 Konstrukční řešení kufru

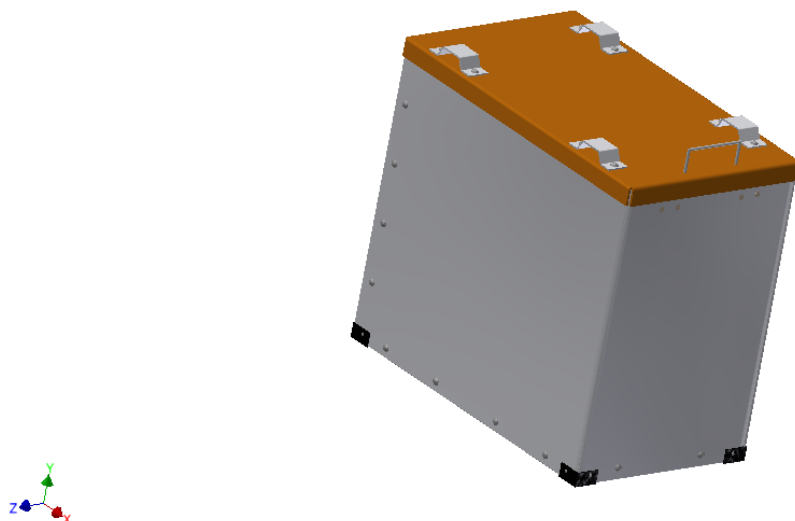
Kufr (výkres KLI0137-003) bude celý vyrobený z plechu tloušťky 3 *mm*, z materiálu EN AW-5754 H22 [AlMg3] dle EN AW-5754. Jednotlivé části kufru se budou ohýbat na požadovaný tvar a budou k sobě spojeny trhacími nýty (výkres KLI0137-003, pozice 11, 12). Trhací nýty jsou voleny přímo na daný materiál, aby nedocházelo k negativním vlivům při spojení dvou materiálů (ocel – hliník).

Vodotěsnost bude zajištěna izolačním tmelem ve spojích a vrchní část kufru bude utěsněna těsněním přilepeným na spodní části víka.

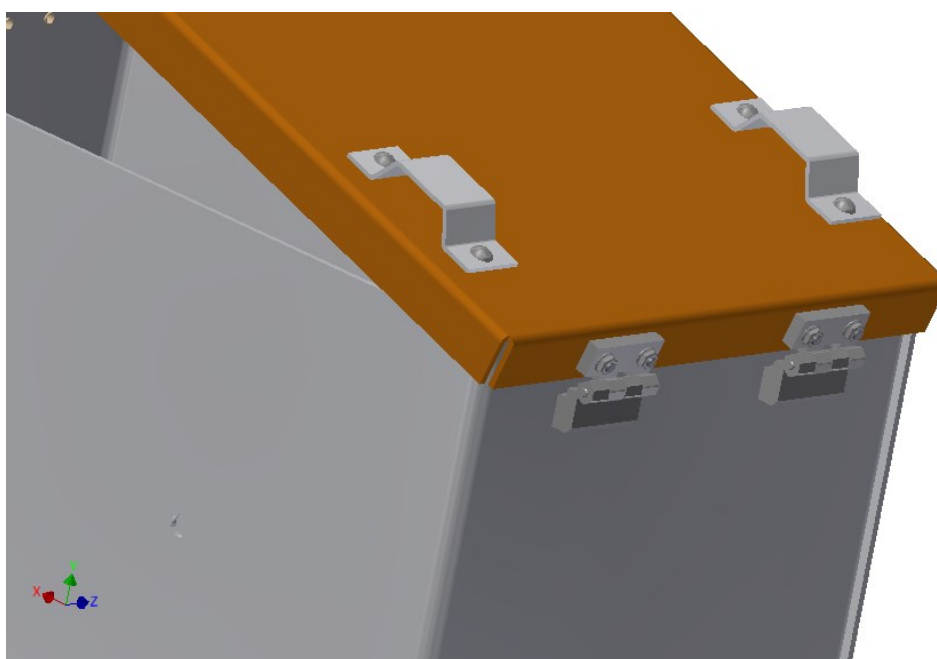
Boční části kufru (výkres KLI0137-003, pozice 1) se budou vyrábět stejné, na jedné straně. V místě, kde vzniknout díry na uchycení pantů, se použijí záslepky (výkres KLI0137-003, pozice 9). Víko kufru (výkres KLI0137-003, pozice 3) bude v rozích svařeno.

Otevírání kufru bude zajištěno panty (KLI0137-003, pozice 8) přišroubovanými na přední část kufru. Na zadní straně kufru bude připevněný zámek sloužící k uzamčení kufru. Montáž zámku se provede jako posední úkon. Na přání zákazníka možno zakoupit a přišroubovat táhlo (KLI0137-003, pozice 5) sloužící k snadnějšímu otevírání kufru.

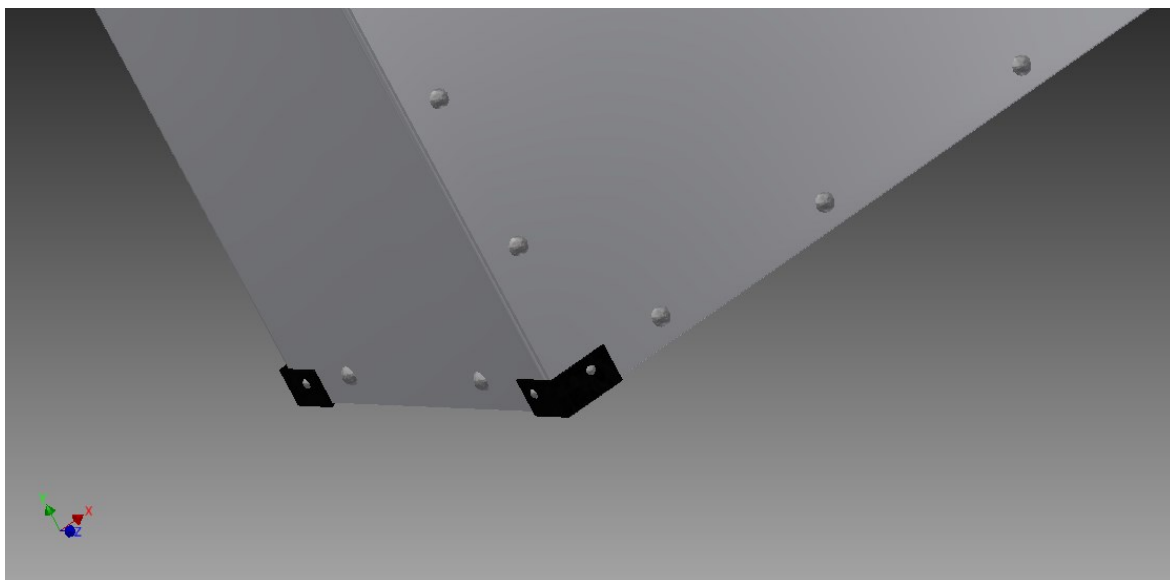
Na spodní straně kufru budou připevněny rohy (KLI0137-003, pozice 7) chránící cestující před ostrou hranou, a také chránící kufr v případě nehody.



Obr. 17 Detail kufru



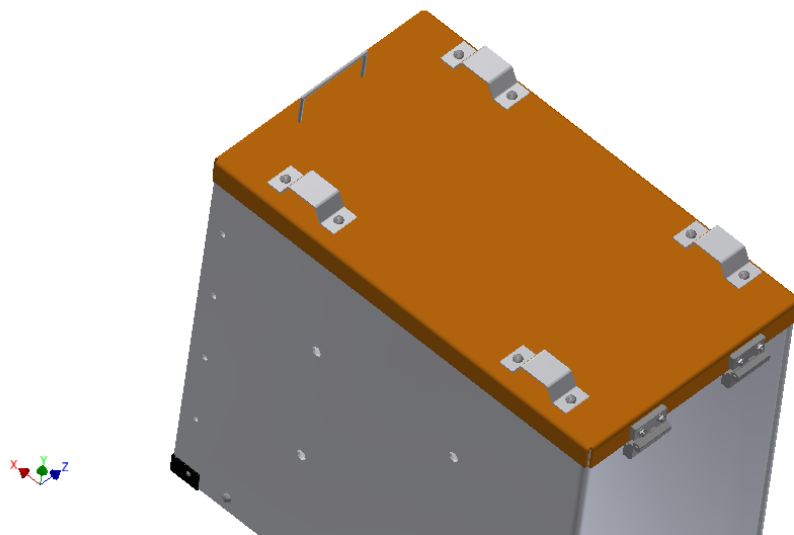
Obr. 18 Detail otevírání kufru



Obr. 19 Detail připevněných rohů ke kufru

#### 4.4 Připevnění jiného vybavení

Přídavné vybavení (KLI0137-003, pozice 4) bude možno upevnit buď k horní straně k předem připraveným úchytům nebo k zadní straně kufru, kde budou vytvořeny otvory, ke kterým bude možno přišroubovat přídavné zařízení, například pro uchycení nádoby s vodou.



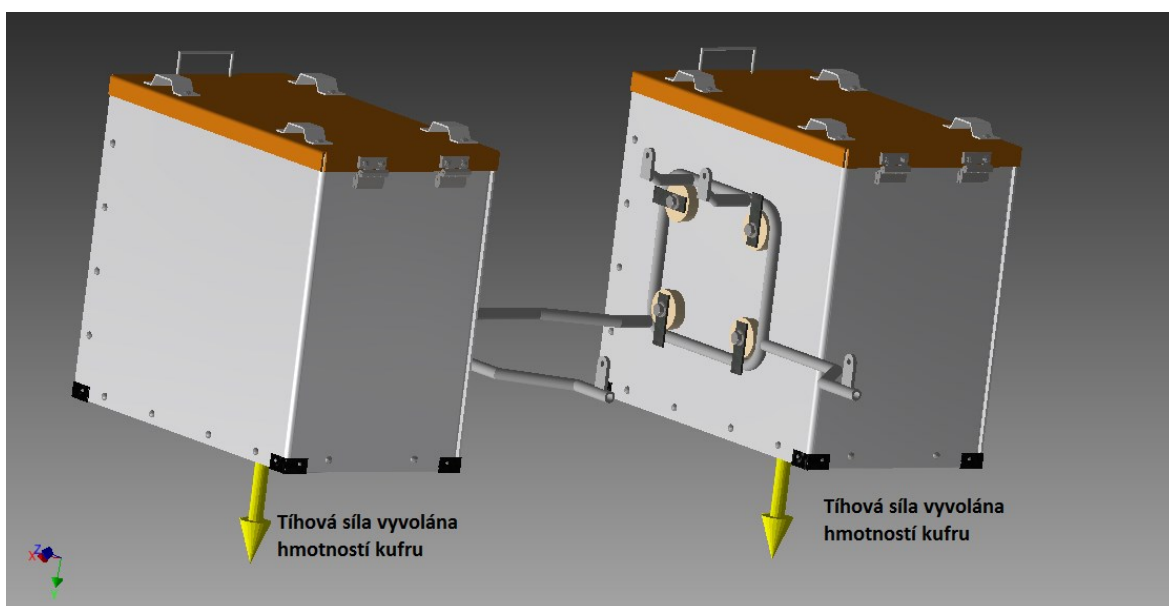
Obr. 20 Detail přichycení vybavení na horní část kufru

## 5 Výpočet

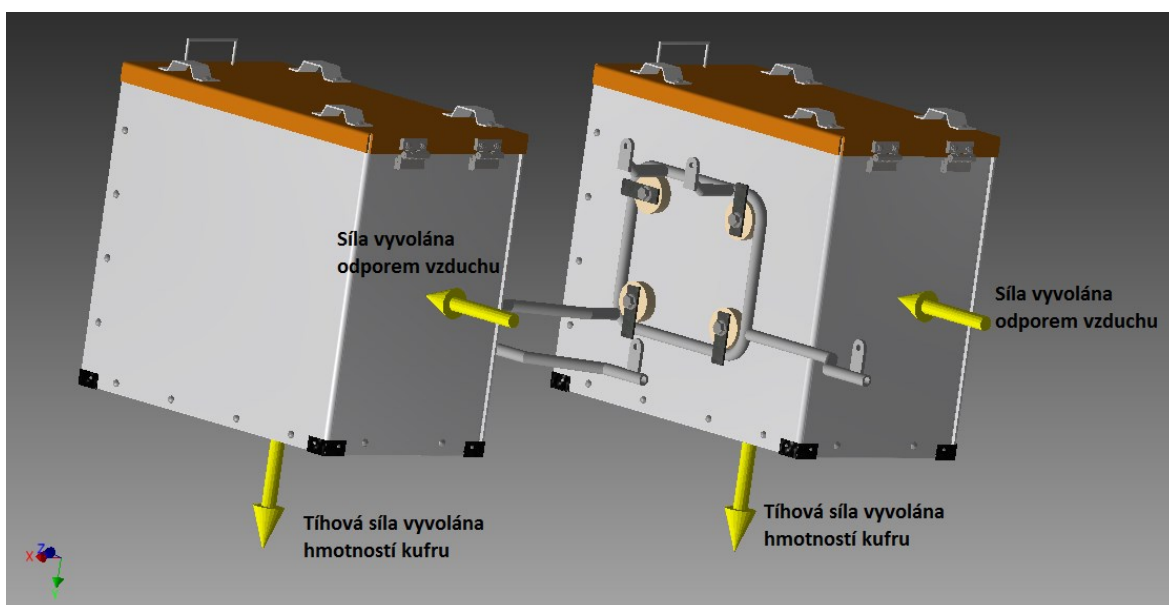
### 5.1 Síly působící na soustavu

Na obr. 21 jsou zobrazeny síly působící na soustavu kufr a rám pro kufr v klidovém stavu. Tíhová síla působí v těžišti kufru a je vyvolána hmotností kufru.

Na obr. 22 jsou zobrazeny síly působící na soustavu za jízdy. Opět zde působí tíhová síla vyvolaná hmotností kufru a přibývá síla vyvolaná odporem vzduchu při jízdě. Síla při prudkém zrychlení motocyklu je oproti ostatním silám působícím na soustavu tak malá, že ji při výpočtu zanedbávám.



Obr. 21 Zobrazení sil působící na soustavu v klidovém stavu (stání motocyklu)



Obr. 22 Zobrazení sil působící na soustavu za jízdy

## 5.2 Odpor prostředí [13], [14]

$$F_{odp} = \frac{1}{2} \cdot C_x \cdot \rho \cdot S \cdot v^2 \quad [N] \quad 1.1$$

### - Odporový součinitel $C_x$

Odporový součinitel pro naši součást určíme podle tvaru tělesa, v našem případě se jedná o kvádr. Odporový součinitel tedy bude  $C_x = 2,9$ .

### - Hustota prostředí $\rho$

Hustota prostředí (v našem případě vzduchu) se s teplotou mění, volím teplotní rozmezí, ve kterém bude součást pracovat:  $t \in < -10; 45 > ^\circ C$

- Pro teplotu  $t_1 = -10^\circ C$  je hustota vzduchu  $\rho_1 = 1,342 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

- Pro teplotu  $t_2 = 45^\circ C$  je hustota vzduchu  $\rho_2 = 1,110 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

### - Průřez vystavený proudění $S$

Plochu průřezu tvoří obdélník, jehož plocha se spočítá podle vztahu:

$$S = a \cdot b = 264 \cdot 405,5 = 107052 \text{ mm}^2 = 0,107052 \text{ m}^2 \quad 1.2$$

### - Rychlost proudění $v$

Rychlosti volím:

- maximální rychlost motocyklu

$$v_1 = 70 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 252 \text{ km/h}$$

- maximální rychlost stanovenou zákonem o provozu na pozemních komunikacích

$$v_2 = 36,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 130 \text{ km/h}$$

### - Výpočet síly

1. Pro teplotu  $t_1 = -10^\circ C$  a rychlost  $v_1 = 70 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

$$F_{odp} = \frac{1}{2} \cdot C_x \cdot \rho_1 \cdot S \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 2,9 \cdot 1,342 \cdot 0,107052 \cdot 70^2 = 1020,73 \text{ N} \quad 1.3$$

2. Pro teplotu  $t_2 = 45^\circ C$  a rychlost  $v_1 = 70 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

$$F_{odp} = \frac{1}{2} \cdot C_x \cdot \rho_2 \cdot S \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 2,9 \cdot 1,110 \cdot 0,107052 \cdot 70^2 = 844,27 \text{ N} \quad 1.4$$



3. Pro teplotu  $t_1 = -10^\circ\text{C}$  a rychlost  $v_2 = 36,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

$$F_{odp} = \frac{1}{2} \cdot C_x \cdot \rho_1 \cdot S \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 2,9 \cdot 1,342 \cdot 0,107052 \cdot 36,1^2 = 271,47 \text{ N} \quad 1.5$$

4. Pro teplotu  $t_2 = 45^\circ\text{C}$  a rychlost  $v_2 = 36,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

$$F_{odp} = \frac{1}{2} \cdot C_x \cdot \rho_2 \cdot S \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 2,9 \cdot 1,110 \cdot 0,107052 \cdot 36,1^2 = 224,54 \text{ N} \quad 1.6$$

Největší odpor prostředí bude při nejnižší volené teplotě  $t_1 = -10^\circ\text{C}$  a rychlost  $v_1 = 70 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Pro další výpočet budu počítat se silou  $F_{odp} = 1020,73 \text{ N}$ , která je počítána jako extrém, který může v krajní nouzi nastat.

Ve výpočtu je zanedbaná jakákoliv ochrana proti působení odporové síly, není započítána například noha, která bude působit jako ochrana proti přímému nárazu odporu vzduchu a tím pádem síla, která na kufr bude působit, nebude tak velká, protože se zmenší plocha, na kterou síla působí.

### 5.3 Rám pro kufr [8], [17], [19]

1. Minimální poloměr ohybu trubky

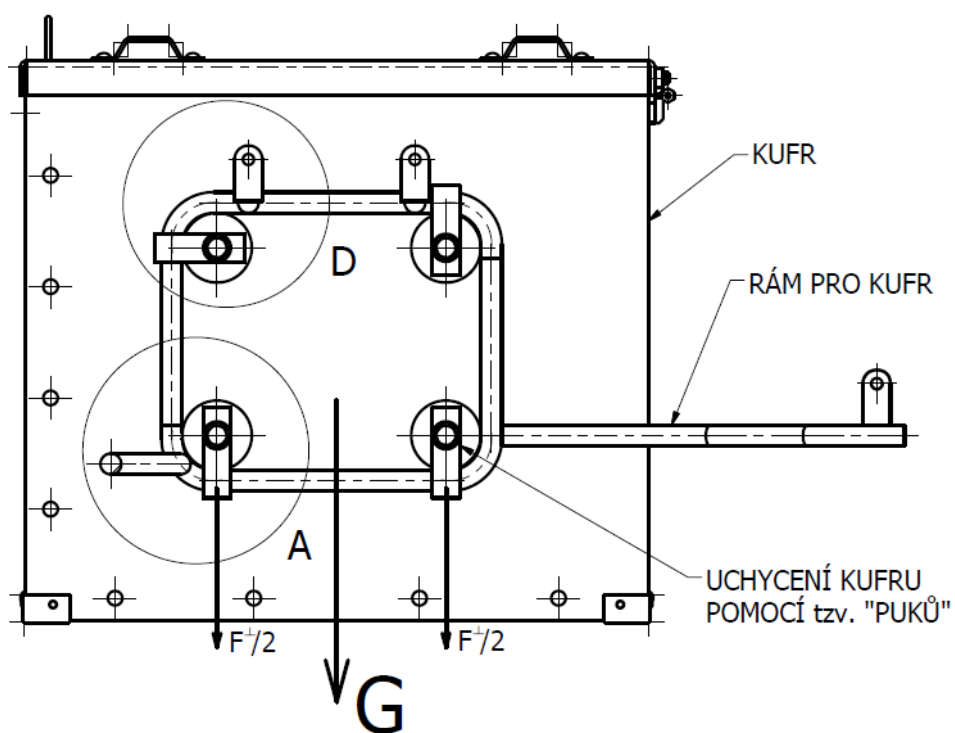
$$r_{min_t} = d = 15 \text{ mm} \quad 1.7$$

2. Výpočet svaru u obdélníkové části rámu pro kufr

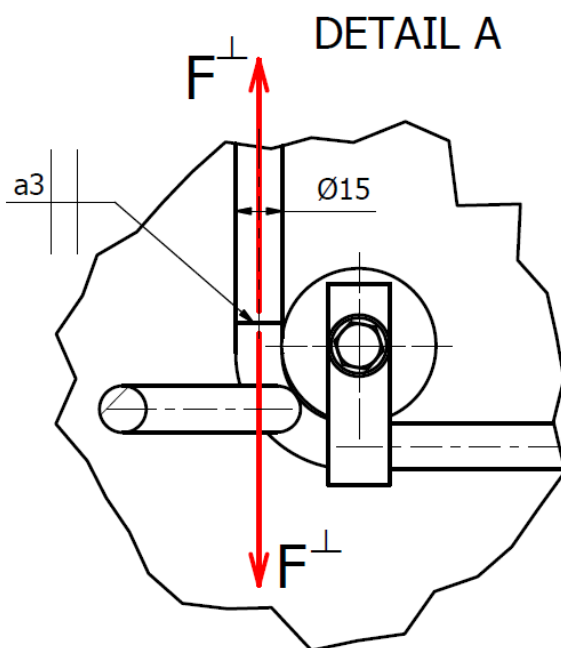
a. Tahové napětí vyvolané hmotností kufru a uchycení

$G$  je tíhová síla vyvolaná hmotností kufru, působící v těžišti kufru.  $F^\perp$  je tíhová síla vyvolaná součtem tíhové síly kufru a tíhové síly, kterou vyvolává hmotnost uchycení (puků). Síla  $F^\perp$  působí v šroubech uchycení. Ve skutečnosti se síla  $F^\perp$ , při rovnoměrném zatížení kufru, rozdělí do šroubu, předpokládám, že v provozu bude zatížení jednotlivých šroubů různé (nebudou rovnoměrně zatížené), proto volím celou sílu  $F^\perp$  jako zatížení jednoho svaru při výpočtu.

Bezpečnost volím  $k_s = 2$ . Velikost svaru na rámu volím  $a = 3 \text{ mm}$ . Opačná síla je zavedená kvůli zákonu akce a reakce.



Obr. 23 Zobrazení sil působících na rám pro kufr a uchycení



Obr. 24 Detail působení tíhové síly  $F^\perp$  na svar rámu

$$F^\perp = (m_c + m_u + m_{sdr}) \cdot g = (37,637 + 0,306 + 1,286) \cdot 9,81 = 384,84 \text{ N} \quad 1.8$$

$$\sigma_{\perp}^{F^\perp} = \frac{F^\perp}{S_{sv}} = \frac{F^\perp}{a \cdot l} = \frac{F^\perp}{a \cdot \pi \cdot d} = \frac{384,84}{3 \cdot \pi \cdot 15} = 2,72 \text{ MPa} \quad 1.9$$

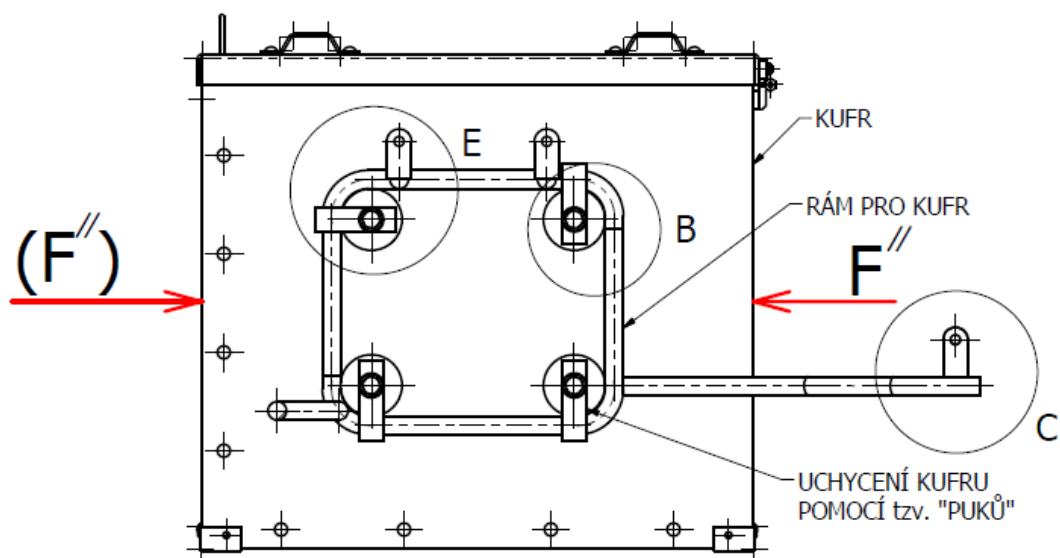
$$\sigma_{\perp DSV} = k_1 \cdot \sigma_{Dt} = k_1 \cdot \frac{Re}{k_s} = 0,85 \cdot \frac{220}{2} = 93,5 \text{ MPa} \quad 2$$

$$\sigma_{\perp}^{F_{\perp}} \leq \sigma_{\perp DSV}$$

$$2,72 \leq 93,5 \text{ MPa} \dots \text{Vyhovuje} \quad 2.1$$

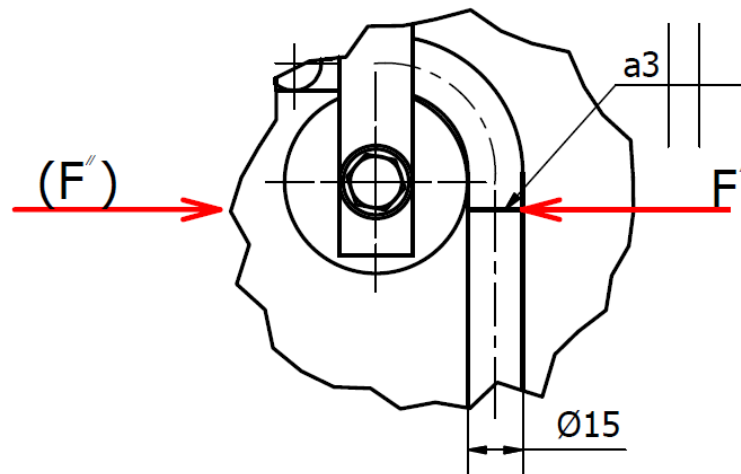
b. Smykové napětí vyvolané odporem vzduchu při jízdě

Síla  $F_{//}$  je rovna odporové síle  $F_{odp}$  vyvolané odporem vzduchu při jízdě. Síla  $F_{//}$  bude na svar působit smykovým napětím. Sílu  $F_{//}$  nerozdělují z důvodu konstrukčního řešení rámu pro kufr. Předpokládám, že svar blíže k působišti síly  $F_{//}$  bude více zatížený než svar dále od působišti síly  $F_{//}$ .



Obr. 25 zobrazení síly  $F_{//}$  na soustavu kufr, rám pro kufr

## DETAIL B



Obr. 26 Detail působení síly  $F''$  na svar rámu pro kufr

$$F'' = F_{odp} = 1020,73 \text{ N} \quad 2.2$$

$$\tau_{//}^{F''} = \frac{F''}{S_{sv}} = \frac{F''}{a \cdot l} = \frac{F''}{a \cdot \pi \cdot d} = \frac{1020,73}{3 \cdot \pi \cdot 15} = 7,22 \text{ MPa} \quad 2.3$$

$$\tau_{//DSV} = k_2 \cdot \sigma_{Dt} = k_2 \cdot \frac{Re}{k_s} = 0,7 \cdot \frac{220}{2} = 77 \text{ MPa} \quad 2.4$$

$$\tau_{//}^{F''} \leq \tau_{//DSV} \\ 7,22 \leq 77 \text{ MPa} \dots \text{Vyhovuje} \quad 2.5$$

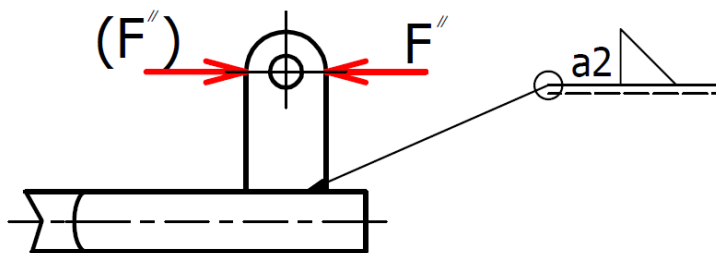
$$\sigma_{red} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{\perp}^{F''}}{k_1}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{\tau_{//}^{F''}}{k_2}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{2,72}{0,85}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{7,22}{0,7}\right)^2} = 18,15 \text{ MPa} \quad 2.6$$

$$\sigma_{Dt} = \frac{Re}{k_s} = \frac{220}{2} = 110 \text{ MPa} \quad 2.7$$

$$\sigma_{red} \leq \sigma_{Dt} \\ 18,15 \leq 110 \text{ MPa} \dots \text{Vyhovuje} \quad 2.8$$

### 3. Výpočet svaru tyče spojeného s packou

#### Detail C



Obr. 27 Síla  $F''$  působící na svar packy

Na svarové spojení bude působit odporová síla vzduchu při jízdě. Spoj budu kontrolovat na smyk. Tíhová síla vyvolaná váhou soustavy se rozloží do celkem 8 šroubu. Po rozdělení bude síla tak malá, že ji v tomto výpočtu zanedbávám.

Velikost svaru jsem zvolil  $a = 2 \text{ mm}$ , mez kluzu pro materiál 11 523 je  $Re = 355 \text{ MPa}$ , bezpečnost volím  $k_s = 2$ .  $F'' = F_{odp}$ .

$$\tau_{//} = \frac{F_{odp}}{2 \cdot S_{SV}} = \frac{F_{odp}}{2 \cdot a \cdot l} = \frac{1020,73}{2 \cdot 2 \cdot 18} = 14,18 \text{ MPa} \quad 2.9$$

$$l = l' - a = 20 - 2 = 18 \text{ mm} \quad 3$$

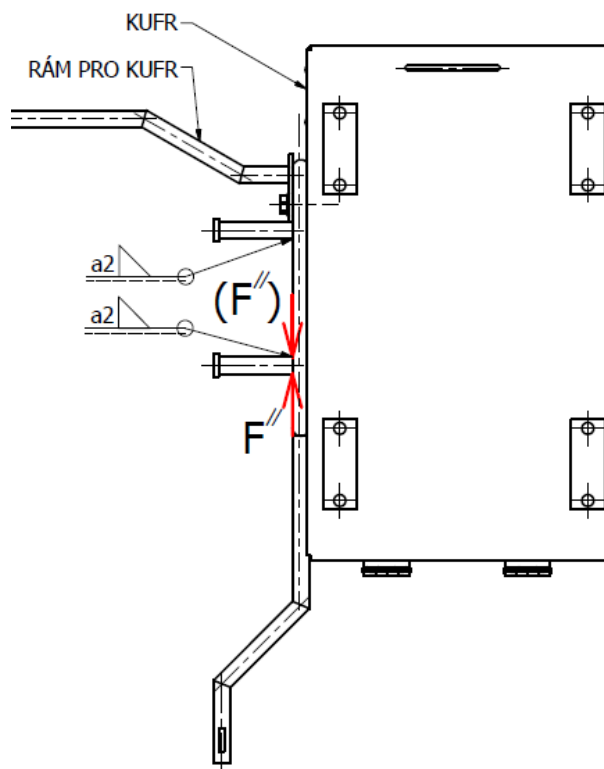
$$\tau_{//DSV} = k_4 \cdot \frac{Re}{k_s} = \beta_w \cdot \frac{Re}{k_s} = 0,9 \cdot \frac{355}{2} = 159,75 \text{ MPa} \quad 3.1$$

$$\tau_{//} \leq \tau_{//DSV}$$

$$14,18 \leq 159,75 \text{ MPa} \dots \text{Vyhovuje} \quad 3.2$$

### 4. Výpočet svaru tyče na horní části rámu

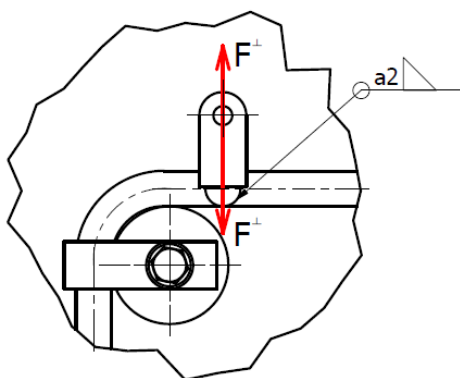
Síla  $F''$  byla zavedena do místa svaru. Na svary na horní části rámu pro kufr působí kombinované namáhání. Spočítal jsem jednotlivé namáhání, které vzniká od sil provozu. Vše jsem sjednotil do redukovaného napětí a vypočet bezpečnost.



Obr. 28 Síla působící na svar horního dílu rámu pro kufr

$$\tau_{1//} = \frac{F_{odp}}{S_{sv}} = \frac{F_{odp}}{\frac{\pi}{4} \cdot [(d + 2 \cdot a)^2 - d^2]} = \frac{1020,73}{\frac{\pi}{4} \cdot [(15 + 2 \cdot 2)^2 - 15^2]} = 9,57 \text{ MPa} \quad 3.3$$

DETAIL D



Obr. 29 Tahová síla  $F^\perp$  působící na svar packy

$$\tau_{2//} = \frac{F^\perp}{S_{sv}} = \frac{F^\perp}{\frac{\pi}{4} \cdot [(d + 2 \cdot a)^2 - d^2]} = \frac{384,84}{\frac{\pi}{4} \cdot [(15 + 2 \cdot 2)^2 - 15^2]} = 3,6 \text{ MPa} \quad 3.4$$

$$\tau_{3\perp} = \frac{M_o}{W_o} = \frac{F^\perp \cdot l}{\frac{J_{SVx}}{\frac{d}{2} + a}} = \frac{F^\perp \cdot l}{\frac{\frac{\pi}{64} \cdot [(d + 2 \cdot a)^4 - d^4]}{\frac{d}{2} + a}} = \frac{384,84 \cdot 133}{\frac{\frac{\pi}{64} \cdot [(15 + 2 \cdot 2)^4 - 15^4]}{\frac{15}{2} + 2}}$$

$$\tau_{3\perp} = 124,3 \text{ MPa} \quad 3.5$$

$$\sigma_{Red} = \sqrt{\left(\frac{\sum_i \tau_{i\perp}}{k_3}\right)^2 + \left(\frac{\sum_i \tau_{i//}}{k_4}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{\tau_{3\perp}}{k_3}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{1//} + \tau_{2//}}{k_4}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{124,3}{0,8}\right)^2 + \left(\frac{9,57 + 3,6}{0,9}\right)^2} =$$

$$\sigma_{Red} = 156,06 \text{ MPa} \quad 3.6$$

$$\sigma_{Red} \leq \beta \cdot \frac{Re}{k_s}$$

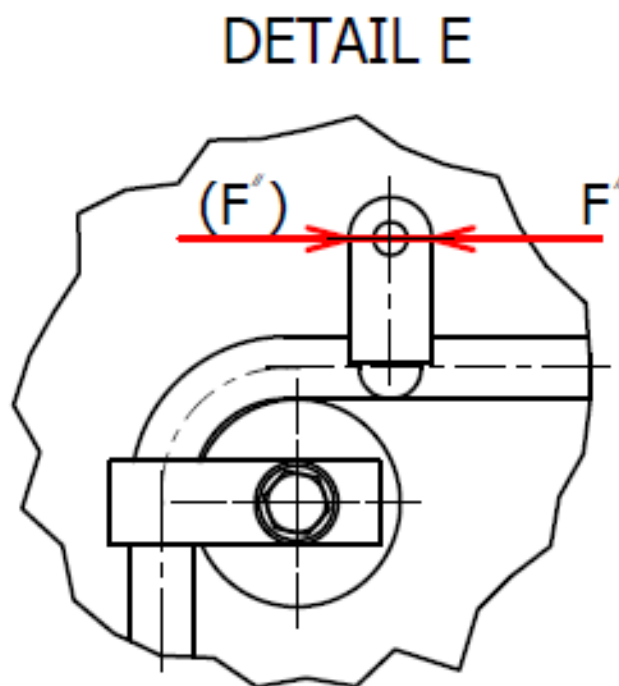
$$156,06 \leq 1,21 \cdot \frac{355}{2}$$

$$156,06 \leq 214,78 \text{ MPa} \dots \text{Vyhovuje} \quad 3.7$$

Pro  $t < 10 \text{ mm}$ :

$$\beta = 1,3 - 0,03 \cdot t = 1,3 - 0,03 \cdot (1,41 \cdot a) = 1,3 - 0,03 \cdot (1,41 \cdot 2) = 1,21 \quad 3.8$$

##### 5. Výpočet šroubu sloužícího k přichycení rámu pro kufr k motocyklu



Obr. 30 Síla  $F'$  zobrazená v místě šroubového spoje

Sílu  $F'$  jsem si přenesl do místa šroubu, kvůli lepšímu znázornění působení na šroub při výpočtu.  $F' = F_{odp}$ .

Rám pro kufr bude k motocyklu přišroubován lícovaným šroubem. Šroubový spoj bude kontrolován na stříh a otláčení. Tíhovou sílu  $G$ , kterou vyvolá hmotnost celé soustavy zanedbávám, protože je rozložena do všech šroubů a vychází velmi malá.

Opět vycházím s celkové velikosti odporové síly kvůli bezpečnosti a nepředvídatelným rázům, či jinému nečekanému zatížení šroubu vyvolané provozem.

Volím: Šroub M6 – 20 ISO 7379

- Kontrola na střih

$$\tau_s = \frac{F_{odp}}{S_1} = \frac{F_{odp}}{\frac{\pi \cdot d_s^2}{4}} = \frac{1020,73}{\frac{\pi \cdot 8^2}{4}} = 20,31 \text{ MPa} \quad 3.9$$

$$\tau_{DS} = (40 \div 60) \text{ MPa} \quad 4$$

$$\tau_s \leq \tau_{DS}$$

$$20,31 \leq (40 \div 60) \text{ MPa} \dots \text{Vyhovuje} \quad 4.1$$

- Kontrola na otlačení

$$p = \frac{F_{odp}}{d_s \cdot l_p} = \frac{1020,73}{8 \cdot 5} = 25,5 \text{ MPa} \quad 4.2$$

$$p_D = (65 \div 105) \text{ MPa} \quad 4.3$$

$$p \leq p_D$$

$$25,5 \leq (65 \div 105) \text{ MPa} \dots \text{Vyhovuje} \quad 4.4$$

#### 5.4 Uchycení kufru k rámu [8], [17], [19]

Spoj bude realizovaný šroubovým spojením. Při stání motocyklu bude na soustavu kufr – rám pro kufr působit pouze gravitace což bude naše provozní síla  $F_P^\perp$ . Sílu jsem zavedl do těžiště součástí. Podle známého zatížení si spočítáme průměr šroubu  $d_3$ .

1. Maximální hmotnost kufru:

- Maximální nosnost kufru bude 30 kg. Celková váha kufru s maximálním zatížením bude:

$$m_c = m_k + m_{max} = 7,637 + 30 = 37,637 \text{ kg} \quad 4.5$$

2. Provozní síla  $F_P^\perp$ :

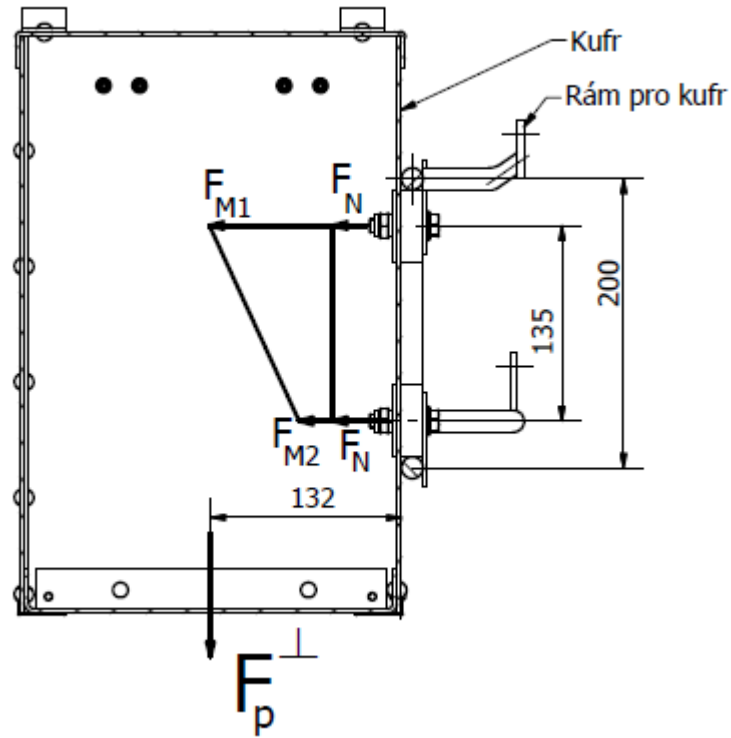
- Když známe maximální hmotnost zatíženého kufru, můžeme si spočítat provozní sílu  $F_P^\perp$ :

$$F_P^\perp = m_c \cdot g = 37,637 \cdot 9,81 = 369,22 \text{ N} \quad 4.6$$

3. Výpočet ostatních sil šroubového spojení:

$$k \geq 1,3 \Rightarrow \text{Volím } k = 2$$





Obr. 31 Zobrazení sil, které působí na uchycení kufru k rámu pro kufr

$$F_P^\perp < F_t$$

$$k \cdot F_P^\perp < F_N \cdot f \cdot i \Rightarrow F_N \quad 4.7$$

$$F_N = \frac{k \cdot F_P^\perp}{f \cdot i} = \frac{2 \cdot 369,22}{0,2 \cdot 4}$$

$$F_N = 923,05 \text{ N}$$

$$F_o = F_{M1} + F_N \quad [\text{N}] \quad 4.8$$

$$\frac{F_{M2}}{\frac{d_1 - c}{2}} = \frac{F_{M1}}{c + \frac{d_1 - c}{2}} \Rightarrow F_{M2} \quad 4.9$$

$$F_{M2} = \frac{F_{M1}}{\left(c + \frac{d_1 - c}{2}\right)} \cdot \left(\frac{d_1 - c}{2}\right)$$

$$F_P^\perp \cdot l_1 = 2 \cdot \left[ F_{M1} \cdot \left(c + \frac{d_1 - c}{2}\right) + F_{M2} \cdot \left(\frac{d_1 - c}{2}\right) \right] \Rightarrow F_{M1}$$

$$F_{M1} \cdot \left(c + \frac{d_1 - c}{2}\right) = \frac{F_P^\perp \cdot l_1}{2} - F_{M2} \cdot \left(\frac{d_1 - c}{2}\right)$$

$$F_{M1} \cdot \left(c + \frac{d_1 - c}{2}\right) + \frac{F_{M1}}{\left(c + \frac{d_1 - c}{2}\right)} \cdot \left(\frac{d_1 - c}{2}\right) = \frac{F_P^\perp \cdot l_1}{2}$$

$$\frac{F_{M1} \cdot \left(c + \frac{d_1 - c}{2}\right)^2 + F_{M1} \cdot \left(\frac{d_1 - c}{2}\right)}{\left(c + \frac{d_1 - c}{2}\right)} = \frac{F_P^\perp \cdot l_1}{2}$$

$$F_{M1} \cdot \left[\left(c + \frac{d_1 - c}{2}\right)^2 + \left(\frac{d_1 - c}{2}\right)\right] = \frac{F_P^\perp \cdot l_1}{2} \cdot \left(c + \frac{d_1 - c}{2}\right)$$

$$F_{M1} = \frac{\frac{F_P^\perp \cdot l_1}{2} \cdot \left(c + \frac{d_1 - c}{2}\right)}{\left(c + \frac{d_1 - c}{2}\right)^2 + \left(\frac{d_1 - c}{2}\right)} = \frac{\frac{369,22 \cdot 133}{2} \cdot \left(135 + \frac{215 - 135}{2}\right)}{\left(135 + \frac{215 - 135}{2}\right)^2 + \left(\frac{215 - 135}{2}\right)} = 140,12 \text{ N}$$

$$F_{M2} = \frac{F_{M1}}{\left(c + \frac{d_1 - c}{2}\right)} \cdot \left(\frac{d_1 - c}{2}\right) = 32,03 \text{ N}$$

$$F_o = F_{M1} + F_N = 140,12 + 923,05 = 1063,17 \text{ N}$$

5

#### 4. Předběžný návrh šroubu

$$\beta_1 \cdot \sigma_t \leq \sigma_D$$

5.1

$$\beta_1 \cdot \frac{F_o}{\frac{\pi \cdot d_3^2}{4}} \leq \frac{Re}{k_s} \Rightarrow d_3$$

$$d_3 = \sqrt{\frac{4 \cdot \beta_1 \cdot F_o}{\frac{\pi \cdot Re}{k_s}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,3 \cdot 1063,17}{\frac{\pi \cdot 240}{5}}} = 6,055 \text{ mm}$$

- S ohledem na provoz, závit mírně naddimenzuji, proto volím:

**M10-4.6**

- Parametry závitu:

$$d_2 = 9,026 \text{ mm}$$

$$d_3 = 8,160 \text{ mm}$$

$$P_h = 1,5 \text{ mm}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$f_z = 0,2$$

- S ohledem na velikost závitu volím průměr díry  $d_0 = 10,5 \text{ mm}$

$$\psi = \tan^{-1}\left(\frac{P_h}{\pi \cdot d_2}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{1,5}{\pi \cdot 9,026}\right) = 3,028^\circ$$

5.2

$$\varphi' = \tan^{-1}\left(\frac{f_z}{\cos \frac{\alpha}{2}}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{0,2}{\cos \frac{60^\circ}{2}}\right) = 13,004^\circ$$

5.3

## 5. Výpočet napětí šroubového spoje

a. Tahové napětí působící na šroubový spoj:

$$\sigma_t = \frac{F_o}{S} = \frac{F_o}{\frac{\pi \cdot d_3^2}{4}} = \frac{1063,17}{\frac{\pi \cdot 8,16^2}{4}} = 20,33 \text{ MPa} \quad 5.4$$

b. Krutové napětí působící na šroubový spoj:

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_k} = \frac{F_z \cdot \frac{d_2}{2}}{\frac{\pi \cdot d_3^3}{16}} = \frac{F_o \cdot \tan(\psi + \varphi') \cdot \frac{d_2}{2}}{\frac{\pi \cdot d_3^3}{16}} = \frac{1063,17 \cdot \tan(3,028^\circ + 13,004^\circ) \cdot \frac{9,026}{2}}{\frac{\pi \cdot 8,16^3}{16}}$$

$$\tau_k = 12,92 \text{ MPa} \quad 5.5$$

## 6. Výsledná bezpečnost

$$k = \frac{Re}{\sigma_{Red}} = \frac{Re}{\sqrt{\sigma_t^2 + 4 \cdot \tau_k^2}} = \frac{240}{\sqrt{20,33^2 + 4 \cdot 12,92^2}} = 7,3 \dots \text{Vyhovuje} \quad 5.6$$

## 5.5 **Kufr** [8], [15], [17], [19]

### 1. Minimální poloměr ohybu daného plechu

$$r_{min_p} = 1,5 \cdot t = 1,5 \cdot 3 = 4,5 \text{ mm} \quad 5.7$$

### 2. Výpočet nýtového spoje dna kufru

- Průměr nýtu se volí podle tloušťky spojovaných součástí

$$d_n \sim 2 \cdot s \Rightarrow d_n = 2 \cdot 3 = 5 \text{ mm} \dots \text{Volím } d_n = 6 \text{ mm} \quad 5.8$$

- Rozteč nýtu

$$t = 4 \cdot d_n = 4 \cdot 6 = 24 \text{ mm} \quad 5.9$$

- Vzdálenosti osy nýtu od krajů součástí

$$e_{min} = 2,5 \cdot d_n = 2,5 \cdot 6 = 15 \text{ mm} \quad 6$$

$$e_1 = (1,5 \div 2,0) \cdot d_n = 2 \cdot 6 = 12 \text{ mm} \quad 6.1$$

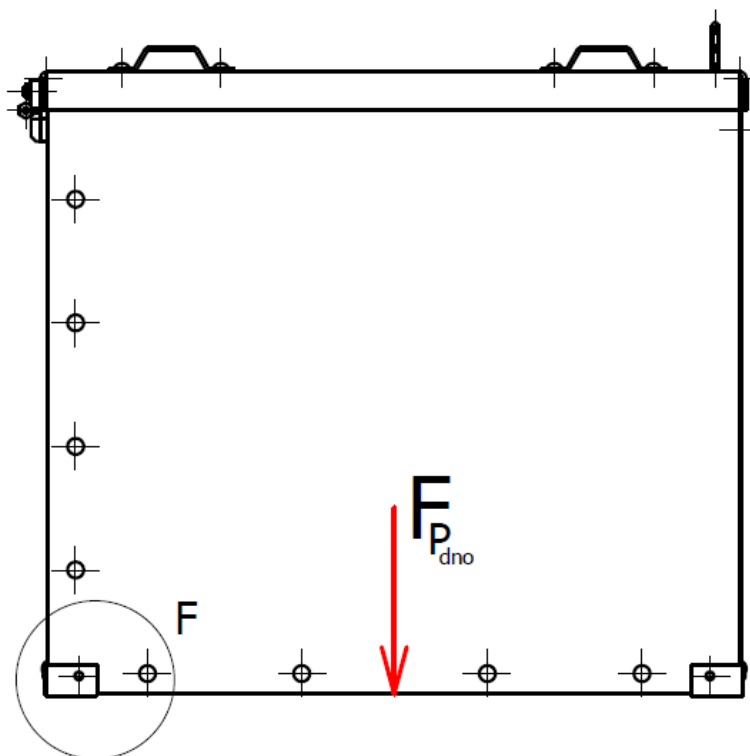
$$e_2 = 3 \cdot d_n = 3 \cdot 6 = 18 \text{ mm}$$

6.2

- Průměr díry po nýt

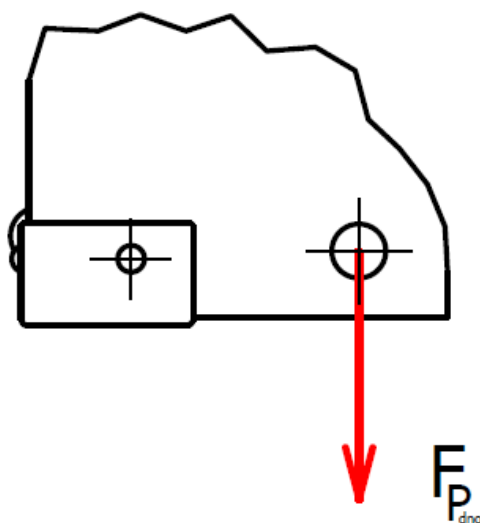
Průměr díry po nýt  $d_n = 6 \text{ mm}$  jsem si našel v katalogu výrobce:

$$d_0 = 6,1 \text{ mm}$$



Obr. 32 Detail znázorňující sílu působící na nýt dna kufru

## DETAIL F



Obr. 33 Detail působení tíhové síly  $F_{p_{dno}}$  na nýty dna kufru

- Počet nýtu
  - Volím počet nýtu  $i_n = 12$
- Zatěžující síla
  - Zatěžující sílu volím podle předepsané maximální nosnosti kufru:

$$F_{p_{dno}} = 294,3 \text{ N}$$

- Kontrola nýtového spoje

Do kontrolního výpočtu jsem zahrnul celou sílu působící na dno, abych předešel případnému nerovnoměrnému zatížení nýtu při nakládání nebo jízdě s plným kufrem.

- Kontrola na střih

$$\tau_s = \frac{F_{p_{dno}}}{\frac{\pi \cdot d_0^2}{4}} = \frac{294,3}{\frac{\pi \cdot 6,1^2}{4}} = 10,07 \text{ MPa} \quad 6.3$$

$$\tau_{DS} = 106 \text{ MPa}$$

$$\tau_s \leq \tau_{DS}$$

$$10,07 \leq 106 \text{ MPa} \dots \text{Vyhovuje} \quad 6.4$$

- Kontrola na otláčení

$$p = \frac{F_{p_{dno}}}{d_0 \cdot s} = \frac{294,3}{6,1 \cdot 3} = 16,08 \text{ MPa} \quad 6.5$$

$$p_D = 55 \text{ MPa}$$

$$p \leq p_D \quad 6.6$$

$$16,08 \leq 55 \text{ MPa} \dots \text{Vyhovuje}$$

## 5.6 Nakupované díly, cena za jeden kufr orientační učení výrobních nákladu

### 1. Cena materiálu [5], [18], [19], [20]

- Plech

- Plech válcovaný za studena – hliník 3 x 1250 x 2500 – EN AW-5754 H22 [AlMg3]
- Z jednoho plechu se vyrobí 3 kufry (dle nástřihového plánu)
- Cena celého plechu je 3001 Kč, cena plechu použitého na jeden kufr tedy bude  $3001/3 \doteq 1001 \text{ Kč}$

- Nýty

- Trhací nýt  $\varnothing 6 \text{ mm}$
- Trhací nýt  $\varnothing 3 \text{ mm}$
- Cena nýtu  $\varnothing 3 \text{ mm}$  je 0,38 Kč/ks, na kufru je celkem 8 ks nýtů. Celková cena nýtů  $\varnothing 3 \text{ mm}$  bude  $0,38 \cdot 8 = 3,04 \text{ Kč}$ .
- Cena nýtu  $\varnothing 6 \text{ mm}$  je 1,34 Kč/ks, na kufru je celkem 28 ks nýtů. Celková cena nýtů  $\varnothing 6 \text{ mm}$  bude  $1,34 \cdot 28 = 37,52 \text{ Kč}$ .

- Záslepka

- Cena záslepky je 2 Kč/ks. Na kufru budou použity 4 záslepky. Celková cena za záslepky bude 8 Kč.

- Panty

- Cena jednoho pantu je 74,86 Kč/ks. Na kufru budou použity dva panty. Celková cena za panty bude  $74,86 \cdot 2 = 149,72 \text{ Kč}$ .

- Matice
  - M5 ISO 4035
  - Cena matice je 0,83 Kč/ks. Na kufru jsou 4 matice. Celková cena matic bude  $0,83 \cdot 4 = 3,32$  Kč.
- Podložky
  - 5,3 ČSN 02 1702 A
  - Cena podložky je 0,12 Kč/ks. Na kufru jsou 4 podložky. Celková cena podložek bude  $0,12 \cdot 4 = 0,48$  Kč.
- Rohy
  - Cena rohu je 40 Kč/ks. Na kufru budou 4 rohy. Celková cena rohů bude  $40 \cdot 4 = 160$  Kč.
- Zámek
  - Cena zámku je 500 Kč.
- Těsnění
  - Cena za metr těsnění je 100 Kč/m. Celkem bude potřeba 1,452 m těsnění. Celková cena těsnění bude  $100 \cdot 1,452 = 145,2$  Kč.
- Celková cena materiálu použitého na výrobu jednoho kufru bude:
 
$$1001 + 3,04 + 37,52 + 8 + 149,72 + 3,32 + 0,48 + 160 + 500 = 1863,08 \text{ Kč.}$$

Do vypočtené ceny nebyly zahrnuty množstevní slevy, možnost odpočtu DPH. Cena se odvíjela od cen pro výrobu jednoho kufru. V sériovější výrobě by šla cena materiálu o několik procent dolů.

## 2. Nakupované díly na výrobu rámu pro kufr a uchycení kufru k motocyklu [8], [20]

- Šrouby
  - M6 x 20 ISO 7379
  - M4 x 35 ISO 4762
  - M2 x 6 ISO 7045 4.8
- Ocelový profil
  - Tyč kruhová
    - $\varnothing 16$  ČSN 42 5510.12 – 11 523
  - Plochá tyč na rámu
    - TYČ PLOCHÁ 45 x 25 – ČSN 42 5522.01 – 11 373
- Montážní sada pro přichycení (puky)

## 3. Zámečnické práce [16]

- Svařování
  - 380 Kč/hod práce
- Ohýbání plechu
  - 1 ohyb / 3 mm – 60 Kč
- Ohýbání trubek
  - 550 Kč/hod práce

Ceny za zámečnické práce jsou od externí firmy. Opět záleží na vybavenosti firmy, která bude kufry vyrábět, jestli má požadované stroje nebo si bude nechávat některé úkony výroby, vyrábět jinde.

4. Výrobní cena jednoho kufru

- Výrobní cena bude součtem mezi cenou za materiál a zámečnickou prací na kufru.

Výrobní cena = cena materiálu + cena zámečnické práce

Cena materiálu = 1863,08 Kč

Cena zámeč. práce =  $0,5 \cdot 380 + 28 \cdot 60 = 190 + 1680 = 1870$  Kč

Výrobní cena =  $1863,08 + 1870 = 3733,08$  Kč

Výrobní cena jednoho kufru bude **3733,08 Kč s DPH**.

Opět se jedná o maximální cenu. V případě sériové výroby by cena klesla o několik procent z důvodu množstevních slev za použitý materiál.

## 6 MKP pevnostní analýza

### 1. Kontrola rámu pro kufr

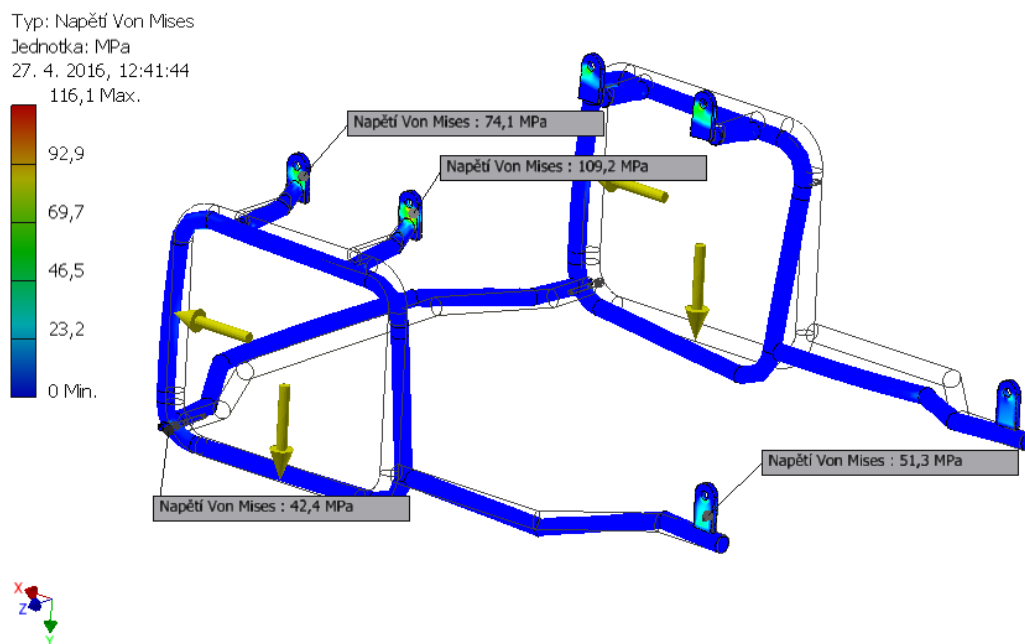
#### a. Vstupní hodnoty:

- Pevná vazba
  - Pevnou vazbu jsem použil v místech spojení rámu pro kufr s motocyklem
- Zatížení
  - Zatížení volené rovnoběžně s osou x je zatížení vyvolané odporovou silou během jízdy  $F_{odp} = 1020,73 \text{ N}$
  - Druhá dvojice sil, která je zaznačená na obr. je tíhová síla vyvolána hmotností kufru  $F_P^\perp = 369,22 \text{ N}$
- Dotyky
  - Separace
    - dotyk „separace“ jsem použil u šroubu, který je umístěný mezi spojovacím dílem a obdélníkovou částí rámu
  - Vázaný
    - dotyk „vázaný“ jsem použil všude, kde se bude nacházet svar
  - Posouvání/ bez oddělení
    - dotyk „posouvání/bez oddělení“ jsem použil v místě dotyku části obdélníkového rámu a spojovaného dílu

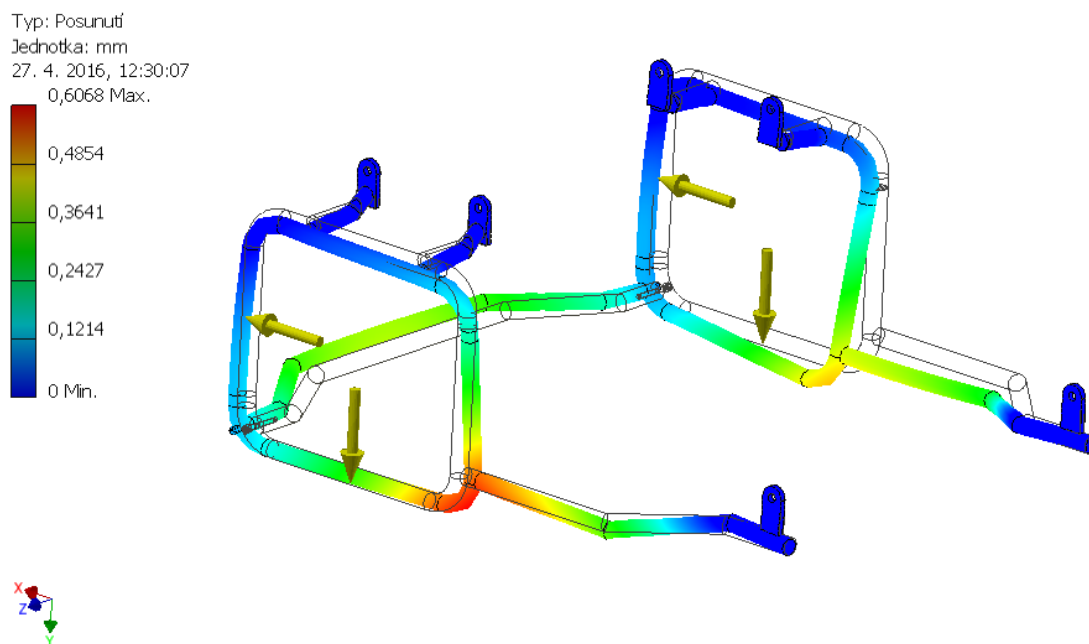
#### b. Výpočet:

Pomocí pevnostní analýzy v programu Autodesk Inventor Professional 2015 byl kontroloval rám pro kufr. Do programu byly zadány všechny potřebné vstupy a byl spuštěn výpočet. Vypočtené hodnoty jsou zobrazeny na obr. 34. Pro lepší orientaci v obr. 34 byly zavedeny sondy, které přesně ukazují velikost napětí a posunutí v daném místě. Z obr. 35 je vidět, že zvolené velikosti jednotlivých částí rámu pevnostně vydrží napětí vyvolané maximální jízdou.





Obr. 34 Zobrazení výsledného napětí v pevnostní analýze rámu pro kufr



Obr. 35 Zobrazení výsledného posunutí v pevnostní analýze rámu pro kufr

## 2. Kontrola kufru

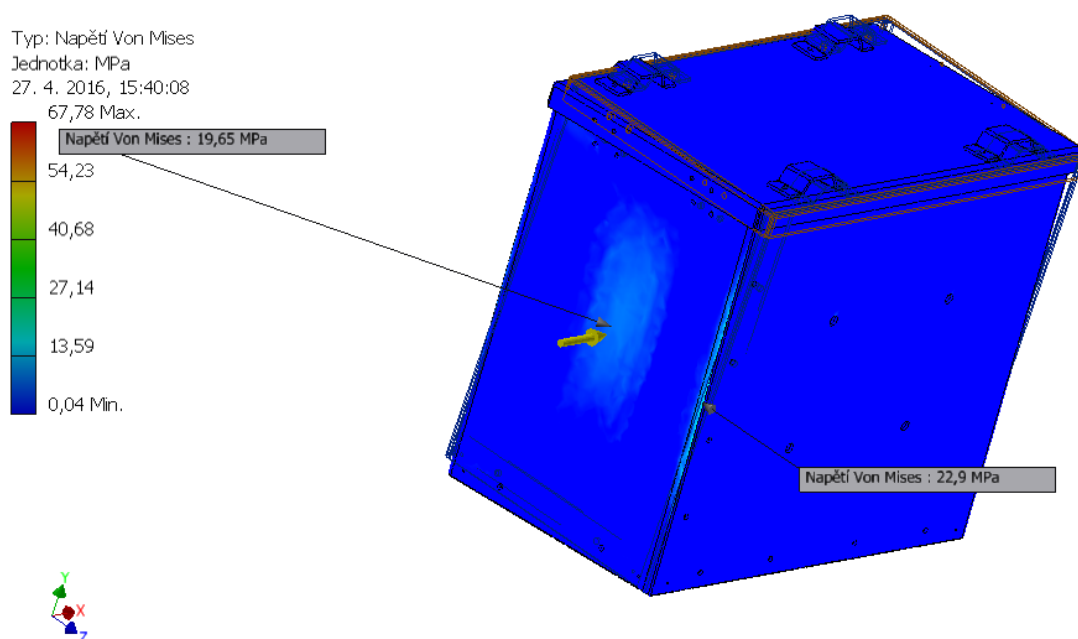
Model kufru byl před samotným pevnostním výpočtem v programu Autodesk Inventor Professional 2015 upraven. Byly odstraněny všechny nepotřebné součásti pro samotný výpočet, jako jsou nýty, šrouby, matice, panty, táhlo, rohy a tyto součásti byly nahrazeny vhodnými doteky, aby byl výpočet jednodušší pro hardware počítače.

a. Vstupní hodnoty:

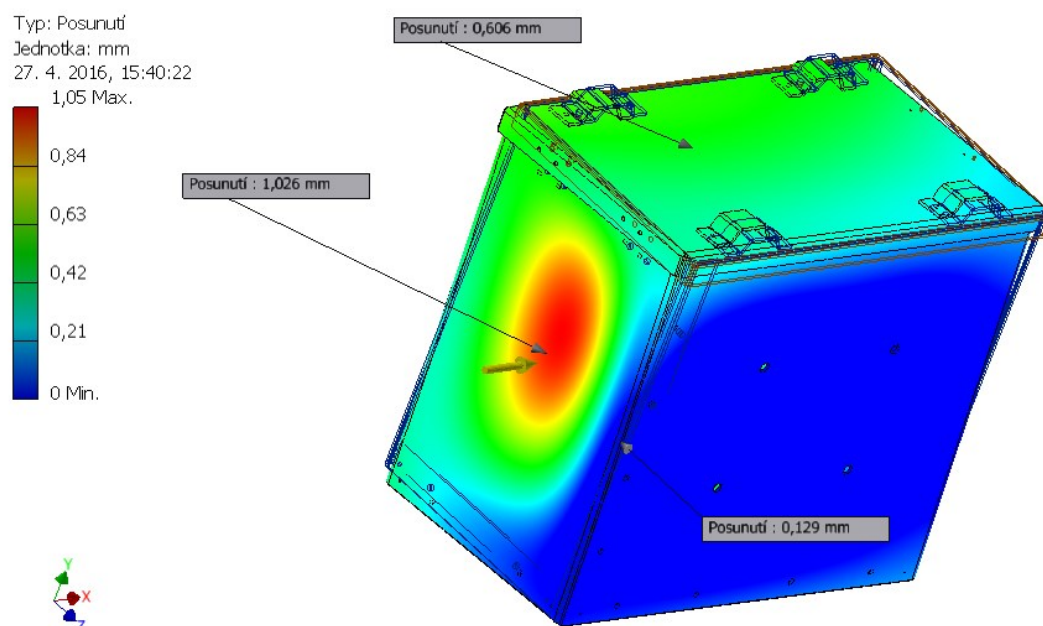
- Pevná vazba
  - Pevnou vazbu byla volena do otvorů pro šrouby „puků“. Výpočet tím může být nepatrně zkreslen, ale zde nám jde pouze o orientační pevnostní výpočet a chování modelu při zatížení.
- Zatížení
  - Zatížení jsem volil stejné jak u rámu pro kufr, odporovou sílu  $F_{odp} = 1020,73 \text{ N}$  a tíhovou sílu  $F_p^\perp = 369,22 \text{ N}$ .
- Dotyky
  - Vázaný
  - Oddělení bez posouvání

b. Výpočet:

Pomocí pevnostní analýzy byl kufr kontrolován za jízdy. Byla zavedena pevná vazba do otvorů pro šrouby „puků“. Z obr. 36 můžeme vyčíst docela malá napětí, které působí na kufr i v maximálních rychlostech a nízkých teplotách. Ve výpočtu je opět zanedbána jakákoliv ochrana kufru proti působení odporové síly.



Obr. 36 Zobrazení výsledného napětí namáhající kufr při jízdě



Obr. 37 Zobrazení výsledného posunutí kufru při jízdě

## **7 Závěr**

Cílem práce byl návrh kufru a rámu určeného pro jeho uchycení k motocyklu. V první části práce byla zpracována řešerše. Po zpracování teoretické části práce, jako je orgánová struktura, morfologická matic upřesnění zadání, požadavkový list, byla vytvořena hrubá stavební struktura, ve které jsou zobrazeny hlavní rozměry kufru a rámu.

Nejprve byl vypočten přibližný odpor vzduchu při zvolené maximální rychlosti. Po výpočtu velikosti odporové síly byly postupně navrženy jednotlivé díly kufru a rámu k jeho uchycení. Uchycení, které bude spojovat kufr a rám pro kufr, bude s ekonomického hlediska výhodnější koupit jako hotový celek než vyrábět. Po celkovém návrhu byla vypočtena výrobní cena jednoho kufru. Nejnižší ceny za jeden kufr se pohybují kolem 6 000,- Kč. Navržený kufr bude po výrobě stát 3 733,08 Kč s DPH. Cena bude hodně odvíjena od vybavenosti firmy, která by kufr vyráběla a o množství vyrobených kufrů. V ceně není zahrnutý výdělek. Jedná se pouze o výrobní náklady. Nakonec byla celá soustavu podrobena pevnostní analýze pomocí metody konečných prvků v programu Autodesk Inventor Professional.

## **8 Poděkování**

Na závěr bych chtěl poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Zdeňku Nogovi, CSc., za jeho rady a vedení touto prací.

## 9 Seznam použité literatury

- [1] [online]. 24.10.2015 [cit. 2015-10-24]. Dostupné z: <http://www.motoobchod.cz/>
- [2] Brno Sumoto. . [online]. 24.10.2015 [cit. 2015-10-24]. Dostupné z: <http://www.sumotobrno.cz/>
- [3] MOTOKUFY-AM. [online]. 24.10.2015 [cit. 2015-10-24]. Dostupné z: <http://www.motokufry-am.cz/>
- [4] European Patent Office. . [online]. 24.10.2015 [cit. 2015-10-24]. Dostupné z: <http://www.epo.org/>
- [5] [online]. 28.10.2015 [cit. 2015-10-28]. Dostupné z: <http://aluminum.webnode.cz/prislusenstvi/>
- [6] HUBKA, Vladimír. *Konstrukční nauka: obecný model postupu při konstruování*. Praha: KONSERVIS, 1991, 104 s. ISBN 80-901135-0-8.
- [7] [online]. 4.11.2015 [cit. 2015-11-04]. Dostupné z: <http://www.ehlinik.cz/>
- [8] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 4., dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2008, xiv, 914 s. ISBN 978-80-7361-051-7.
- [9] FERONA THYSSEN PLASTICS s.r.o. . [online]. 4.11.2015 [cit. 2015-11-04]. Dostupné z: <http://www.feronathyssen.cz/>
- [10] Proton, obchod s hutním materiálem. . [online]. 18.11.2015 [cit. 2015-11-18]. Dostupné z: <http://pronton.cz/>
- [11] Alunet, hliníkové profily na míru. . [online]. 18.11.2015 [cit. 2015-11-18]. Dostupné z: <http://www.alunet.cz/normy-tvrdosti-hlinikovych-slitin/>
- [12] CZ FERRO – STEEL, spol. s r.o. . [online]. 18.11.2015 [cit. 2015-11-18]. Dostupné z: <http://czferrosteel.cz/cz/>
- [13] JANALÍK, J. *OBTÉKÁNÍ A ODPOR TĚLES: Skriptum*. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 2008. 110 p.
- [14] *Matematické, fyzikální a chemické tabulky: pro střední školy*. Praha: Ottovo nakladatelství, s.r.o., 2015. ISBN 978-80-7451-472-2.
- [15] Alfun metal service center. . [online]. 20.4.2016 [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://www.alfun.cz/>
- [16] Umělecké kovářství, zámečnictví Smola. . [online]. 20.4.2016 [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://www.zamecnictvikovarstvi.cz/>

[17] Kaláb, K. Části a mechanismy strojů pro 2. ročník bakalářského studia. Skriptum, VŠB - Technická univerzita Ostrava, Ostrava, 2015. 398 p.

[18] ALUMINIUMSHOP. *KERAMET, spol. s r.o.* [online]. 20.4.2016 [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://www.aluminiumshop.cz/>

[19] TME Electronic Components. [online]. 20.4.2016 [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://www.tme.eu/cz/>

[20] Big Husky adventure equipment. [online]. 20.4.2016 [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://www.bighusky.cz/>

## 10 Seznam příloh

Příloha číslo 1: CD Sada sedlových kufrů k cestovnímu motocyklu

## 11 Seznam výkresové dokumentace

Výkres číslo 1	KLI0137-001	Rám pro kufr, kufr
Výkres číslo 2	KLI0137-002	Rám pro kufr
Výkres číslo 3	KLI0137-003	Obdélníková část levá
Výkres číslo 4	KLI0137-004	Obdélníková část pravá
Výkres číslo 5	KLI0137-005	Spojovací díl
Výkres číslo 6	KLI0137-006	Úchyt
Výkres číslo 7	KLI0137-007	Packa - uchycení k moto.
Výkres číslo 8	KLI0137-008	Úchyt - válcový
Výkres číslo 9	KLI0137-009	Kufr
Výkres číslo 10	KLI0137-010	Strana kufru
Výkres číslo 11	KLI0137-011	Dno kufru
Výkres číslo 12	KLI0137-012	Víko kufru
Výkres číslo 13	KLI0137-013	Úchyt vybavení - horní
Výkres číslo 14	KLI0137-014	Táhlo
Výkres číslo 15	KLI0137-015	Podložka pod pant